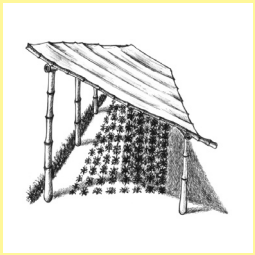
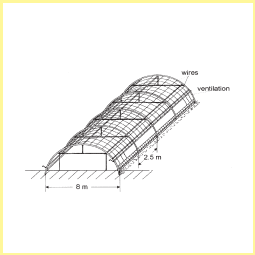
Série Agrodok No. 23

Agriculture sous abri

Structure, conditions requises et usage des serres sous différents climats



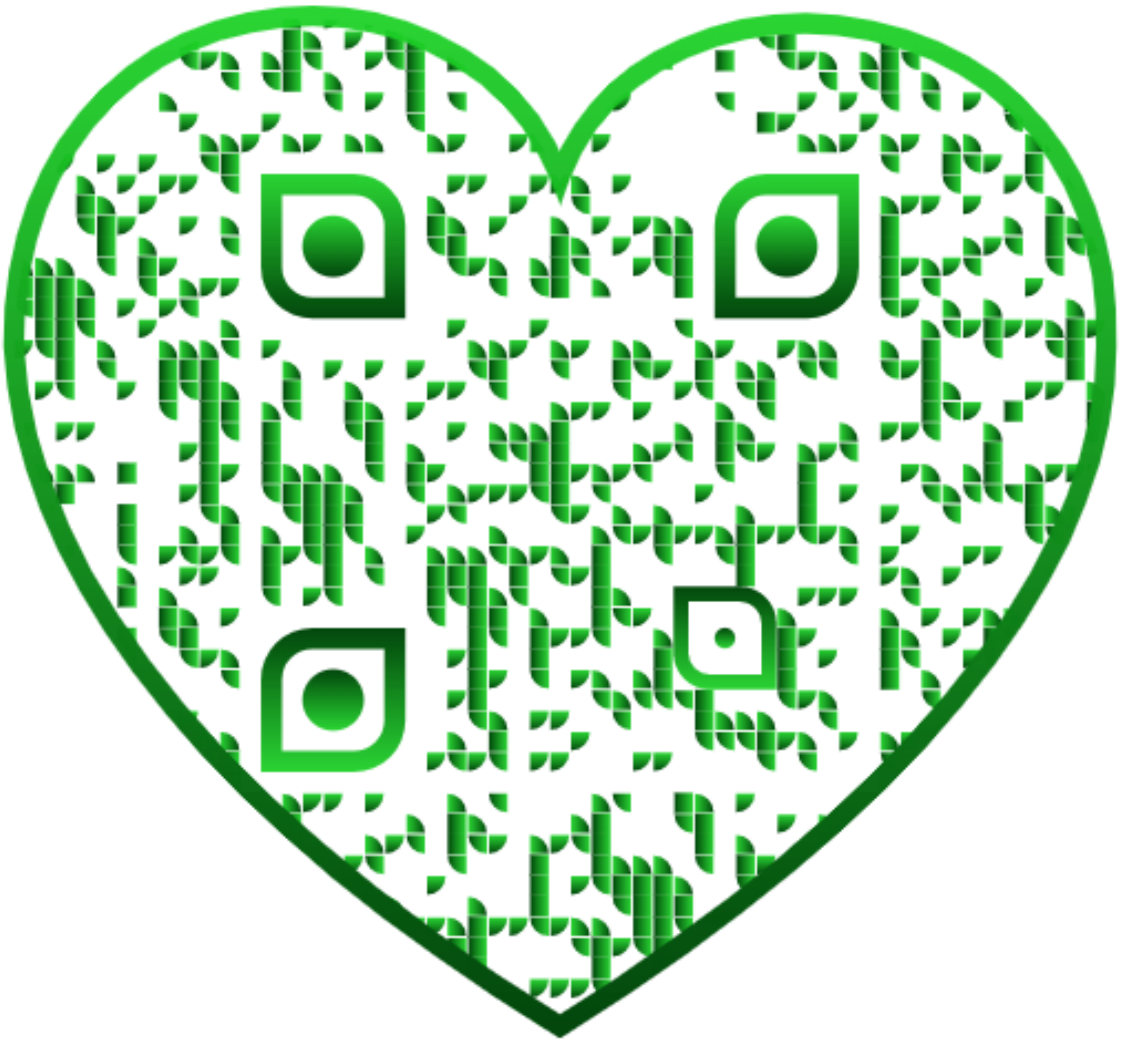


CTA

partageons les connaissances au profit des communautés rurales

sharing knowledge, improving rural livelihoods

SHOUT
SHARE
IT



Agrodok 23

Agriculture sous abri

Structure, conditions requises et usage des serres sous différents climats

Ernst van Heurn
Kees van der Post

© Fondation Agromisa, Wageningen, 2004.

Tous droits réservés. Aucune reproduction de cet ouvrage, même partielle, quel que soit le procédé, impression, photocopie, microfilm ou autre, n'est autorisée sans la permission écrite de l'éditeur.

Première édition : 2004

Auteurs : Ernst van Heurn, Kees van der Post
Révision : Jansje van Middendorp
Illustrations : Mamadi Jabbi, Barbera Oranje
Traduction : Arwen Florijn
Imprimé par : Digigrafi, Wageningen, Pays-Bas

ISBN Agromisa: 90-77073-37-X

Avant-propos

Cet Agrodok traite les pratiques possibles que l'on peut appliquer pour protéger les cultures horticoles contre des conditions climatiques défavorables. Ceci entre dans le cadre de l'expansion mondiale qui s'est produit durant les deux ou trois dernières décennies au niveau des serres-tunnel et des serres revêtues de films plastiques.

Le développement de techniques sophistiquées de construction et de gestion du climat en serre justifie des explications à un niveau de base. Le présent Agrodok espère atteindre cet objectif.

Les auteurs sont redevables à différents critiques qui ont fourni des suggestions précieuses et utiles. Les remerciements s'adressent en particulier à Dries Waayenberg de l'Institut du génie rural et environnemental (Institute of Agricultural and Environmental Engineering, IMAG – DLO, Wageningen) et à Frits Veenman de Royal Brinkman B.V., s'Gravenzande, pour leurs contributions précieuses et constructives, leurs remarques, et leurs suggestions pour compléter le texte.

Nous espérons sincèrement que cet Agrodok contribuera au développement mondial de l'horticulture intensive et qu'une grande diversité de consultants et d'entrepreneurs pourra en bénéficier.

Les auteurs

Sommaire

1	**Introduction**	**6**
2	**Conditions requises pour la culture en serre**	**8**
2.1	Introduction	8
2.2	Point de départ pour commencer un projet de serre	8
2.3	Enregistrement des données climatiques	9
2.4	Autres conditions requises pour la culture intensive	16
2.5	Topographie du terrain	18
2.6	Infrastructure dans l'espace et distribution	19
3	**Les serres : types et structures**	**20**
3.1	Introduction	20
3.2	Constructions à faible hauteur	20
3.3	Les serres-tunnels bas	22
3.4	Tunnels où l'on peut se tenir debout	23
3.5	Les tunnels avec possibilité de régler le climat	25
3.6	Abris pour ombrage	28
4	**Le revêtement de serre**	**30**
4.1	Introduction	30
4.2	Revêtement de film plastique	30
4.3	Effets des matériaux de revêtement	32
5	**Gestion du climat dans la serre**	**34**
5.1	Introduction	34
5.2	Méthodes pour régler le climat	34
5.3	Intégration des différents éléments de réglage des conditions climatiques	46
5.4	Réactions de la culture au réglage du climat	51
6	**Alimentation en eau et protection de la culture**	**53**
6.1	Introduction	53
6.2	L'alimentation en eau et la fertilisation	53

6.3 Méthodes pour alimenter la culture en eau 56
6.4 Soins phytosanitaires 59
6.5 Espaces pour le stockage et la conservation 61
6.6 Instruments et outils nécessaires 61

7 Choix de la culture, soins, main d'œuvre et rendement 65
7.1 Introduction 65
7.2 Les cultures pour les différents types de serres 65
7.3 Entretien de la culture 67
7.4 Intensité du travail 71
7.5 Chiffre d'affaires 72

Annexe : Tableaux des climats 74

Bibliographie 79

Adresses utiles 81

Glossaire 85

1 Introduction

La demande d'un Agrodok portant sur les cultures en serre provient de communautés d'agriculteurs et de maraîchers qui ont des petites exploitations. Ils ont principalement besoin de solutions simples qui leur permettent de protéger leurs cultures en utilisant des films plastiques, dans les pays (sub-)tropicaux aussi bien que dans les régions montagneuses plus fraîches de l'Afrique et de l'Amérique du Sud. Nous espérons que le présent Agrodok comblera cette demande.

Dans le futur proche, les films plastiques seront utilisés de plus en plus et de beaucoup de manières différentes. C'est-à-dire qu'avec de faibles investissements, les agriculteurs et les maraîchers seront bientôt capables de travailler de manière plus intense et plus efficace. Ceci leur permettra d'améliorer leur programme de culture ainsi que la qualité de leurs récoltes ce qui va rendre possible un meilleur prix de marché pour leurs produits, et leur permettra de réduire davantage les risques climatiques.

Depuis la nuit des temps, les hommes ont toujours essayé de protéger leurs cultures des effets climatiques défavorables. Les buissons et les murs protègent contre le vent, les feuilles et les lamelles de bois contre le soleil intense ainsi que la pluie torrentielle, et le verre contre le froid. La pratique de culture sous du verre disposé contre un mur à un angle de 60°, d'usage en Europe pendant des siècles, est toujours en vigueur en Chine près de Pékin. Une pratique semblable peut s'observer dans les régions montagneuses de la Bolivie, où l'on trouve des murs d'argile avec des abris en film plastique sur les côtés ensoleillés.

Le verre est le matériau utilisé au cours des ages pour faire passer la lumière dans une serre. La découverte d'un film synthétique transparent fut une innovation *incroyable*. Elle a permis de sérieusement réduire les frais de construction des serres. Depuis les décennies récentes, les serres et les tunnels revêtus de films plastiques se trouvent dans de nombreux pays. Effectivement, des complexes de serres énormes sont apparus dans les régions montagneuses de l'Afrique orientale ainsi que dans la région des Andes en Amérique du Sud. Les

pays riches construisent et gèrent ces serres, et les agriculteurs qui ont vendu leur terre à ces entreprises font partie de la main d'œuvre. Ainsi ils apprennent comment exploiter les serres et pour cette raison ils pourraient éventuellement désirer d'en faire autant plus tard en tant qu'indépendant, mais alors avec une serre dont ils auront les moyens.
L'aspect que devra avoir une telle serre dépend du climat. Les cultures doivent-elles être protégées uniquement du froid ou également des rayons intenses du soleil ? Quelle doit être la capacité de ventilation ou la solution sera-t-elle un recouvrement d'ombrage ? En bref, il est essentiel de considérer les effets des conditions climatiques locales avant de choisir un type de serre avec équipement. C'est la raison pour laquelle nous allons commencer par une description de conditions climatiques fort différentes, après quoi les différents types de serres et leurs structures respectives seront traités dans les chapitres suivants, sans oublier le réglage du climat en serre le plus adéquat.

2 Conditions requises pour la culture en serre

2.1 Introduction

Au moment de choisir un type de serre et l'équipement qu'il faut, il est essentiel de prendre en considération le climat local. Avant de commencer un projet de serre, il faudra étudier attentivement le climat et les effets du climat sur la croissance des cultures que vous avez l'intention de planter. Le présent chapitre vous donnera les principes de base pour commencer un projet de serre, suivi d'une description de comment enregistrer les données climatiques ainsi que d'autre conditions préalables qu'il faudra satisfaire avant de commencer la culture en serre. Le chapitre se termine avec l'aspect topographie et la situation du terrain sur le plan infrastructure.

2.2 Point de départ pour commencer un projet de serre

Avant de commencer un projet de serre, il faut vérifier soigneusement si toutes les conditions requises pour garantir le succès sont satisfaites. Pour ceci, il vous faudra des données sur les aspects suivants :

- Climat
- Sol et eau
- Topographie
- Facilité d'accès au terrain et possibilités de transport et de commercialisation
- Pour ce qui est du climat, à part la protection contre les fluctuations de température, il est également nécessaire d'assurer une protection contre les rayons intenses du soleil (la radiation solaire), la pluie torrentielle, la grêle et les rafales de vent. Souvent il faudra protéger les cultures contre une combinaison des conditions météorologiques indiquées ci-dessus.
- Il faudra être très exigeant pour le type de sol, le profil du sol ainsi que pour la situation du terrain. Ainsi, dans la mesure du possible,

choisissez pour votre projet de serre un sol qui a une bonne structure et qui est situé dans une zone plane.
- Faites très attention afin d'assurer un bon drainage de l'eau vers une zone située plus bas.
- Il est très important d'avoir suffisamment d'eau d'irrigation de bonne qualité pour pouvoir irriguer et lessiver le sol.
- Une bonne infrastructure pour le transport du matériel et des produits est également d'importance, tout comme la disponibilité d'électricité.
- Finalement, vous devez avoir des idées sur la commercialisation des produits que vous désirez cultiver ainsi que sur les possibilités de faire la transition vers d'autres produits– au cas où ceci s'avèrerait nécessaire.

2.3 Enregistrement des données climatiques

Pour obtenir une bonne notion du climat, il est généralement suffisant de connaître les données mensuelles moyennes des différents facteurs climatiques. Il s'agit spécifiquement de *la pluviométrie, de la température, de la radiation solaire et de l'humidité de l'air.* Nous allons examiner ces facteurs de plus près dans ce qui suit.
Pour commencer, nous allons traiter ces facteurs individuellement. Cependant, pour arriver à obtenir une bonne idée du climat d'une certaine région, il nous faudra ensuite étudier les corrélations entre ces facteurs climatiques. Les données climatiques provenant de la base de données de la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) nous serviront de base. À la fin de cette section, des conditions climatiques différentes qui sévissent dans le monde sont illustrées dans une figure.

Pluviométrie

Un aperçu de la pluviométrie mensuelle moyenne indique comment la pluie est répartie sur une année (voir l'annexe pour connaître quelques exemples de distribution pluviométrique). Ce qui nous intéresse principalement est de savoir quelles sont les périodes de pluie et les périodes sèches. Aux moments où la pluie est trop abondante, vous devrez

prendre des dispositions pour garantir le drainage de l'eau qui est en excès, aussi bien au niveau de la toiture de la serre (gouttières) qu'au niveau des alentours de la serre (drainage). L'eau du toit pourra être recueilli dans un bassin – revêtu par exemple d'un film plastique résistant – pour des fins d'irrigation. Une bonne capacité de stockage permettra de mieux endurer les périodes sèches.
Souvent la pluviométrie varie selon les années. Les hauts et les bas extrêmes pourront provoquer des problèmes. Vous devrez prêter une attention supplémentaire au drainage pendant les périodes extrêmement humides. Et pour les périodes d'aridité extrême, il est absolument nécessaire de stocker de l'eau pour des fins d'irrigation. Dans les climats subtropicaux et tempérés, la grêle et la neige peuvent également causer des dégâts. Vous devrez en tenir compte au moment de choisir le matériel de revêtement et la solidité des fondations.

Au moment de prendre des décisions concernant la construction de votre serre, tâchez d'être bien informé au sujet de la pluviométrie, surtout des éventuelles valeurs extrêmes. Ceci vous permettra de prendre les mesures préventives nécessaires appropriées pour l'approvisionnement en eau, le drainage *ainsi que pour le déversement de l'eau de pluie.*

Températures

La croissance des plantes dépend également de la température. Pour chaque culture, il y a un intervalle de températures optimales pour la croissance. Les températures préférées de certaines cultures sont données dans le Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Intervalles des températures optimales pour la croissance de certains légumes

Culture	Température	Culture	Température
Tomates	18-23°C	Melon miel	13-18°C
Laitue	10-18°C	Poivron	18-23°C
Radis noir	20-26°C	Chou	15-23°C
Haricots verts	18-25°C	Aubergine	22-26°C
Paksoi	20-24°C	Concombre	22-26°C

Lorsque les températures sont un peu plus élevées ou un peu plus basses que les valeurs optimales indiquées ci-dessus, la croissance ne sera pas sérieusement affectée. La limite maximale de 28°C pour les tomates et les poivrons indique qu'il faut ventiler au delà de cette température (de sérieux dommages ne se produisent qu'au delà de 35°C) et le chou et la laitue peuvent supporter une température minimale de juste en dessous de 0°C.
Le facteur de refroidissement dû au vent a également de l'importance pour la plante. Des conditions de faible humidité atmosphérique accompagnée de beaucoup de vent provoquent des dommages plus rapidement. Ce qu'il faut prendre en considération est que la température peut monter ou baisser brusquement au cours du temps. Tout un chacun qui a vécu cela aura la sagesse d'équiper la serre de manière adéquate pour faire face à ces conditions. (Voir l'Annexe pour les températures maximum/minimum en ºC de certains endroits).

Assurez vous d'obtenir des informations correctes concernant les températures extrêmes de votre région, pour vous permettre d'avoir les précautions et les équipements nécessaires au réglage du climat de votre serre. Il est également très important d'installer un équipement de suivi pour vous permettre de gérer le climat à l'intérieur et à l'extérieur de votre serre. En effet, les prix ont également un rôle à jouer.

Durée d'ensoleillement

La croissance et le niveau de production des plantes dépendent grandement de la quantité de soleil que la culture reçoit par jour. Pour ceci, la durée d'ensoleillement est une bonne référence.
Bien des cultures réagissent aux journées plus courtes ou plus longues (ladite photo périodicité des cultures). C'est pourquoi il est important de connaître la durée de jour tout au long de l'année. Vous pouvez prolonger la journée en utilisant de la lumière artificielle ou la raccourcir en utilisant des stores (par ex. : un film plastique noir). Ceci est surtout pratiqué dans les pays tropicaux pour permettre aux cultures de passer au stage de développement désiré (voir l'Annexe pour les données sur la durée d'ensoleillement).
Vous devez connaître la durée de jour pour vous permettre de choisir la culture que vous désirez planter. La quantité totale d'ensoleillement

détermine le taux de croissance et le niveau de la production. La variation de la durée d'ensoleillement est fortement liée aux différences au niveau de la durée de jour. Par ailleurs, la distribution de la pluviométrie annuelle et l'aspect nuageux accompagnant sont également des facteurs déterminants. La topographie du terrain et surtout la présence de montagnes ont un effet sur la quantité de nuages.

Humidité relative

L'humidité de l'air, HR (humidité relative, voir le Glossaire pour la définition), affecte la croissance et la santé des cultures de différentes façons. D'un côté, une HR *élevée* favorise les maladies fongiques, parce que dû aux fluctuations de température et à l'évaporation fortement accrue au cours des premières heures de la journée, la condensation se produit facilement sur les plantes créant ainsi des conditions idéales pour que les spores fongiques germinent rapidement. Une HR élevée peut également affaiblir la culture et la rendre plus susceptible aux changements météorologiques comme par exemple une soudaine augmentation de l'évaporation. Cependant, dans une serre il y a beaucoup plus de méthodes permettant de contrôler l'HR qu'en plein champ. Pour en citer une, les plantes ne se mouillent pas lorsqu'il pleut. La ventilation fait entrer de l'air qui est plus frais et moins humide et l'échauffement fera baisser l'HR.

De l'autre côté, une HR *faible* peut également être défavorable parce qu'alors le taux de transpiration sera trop élevé. Il est possible de prendre des mesures telles que : l'arrosage, l'utilisation de bâches d'ombrage et le refroidissement. Une faible HR présente un avantage dans les climats aux températures élevées car elle permet d'appuyer le refroidissement. Ce genre de différence est décisif pour une bonne ou mauvaise croissance de la culture (pour des exemples de données concernant l'humidité relative de l'air voir l'Annexe).

Des données moyennes d'HR ne donnent qu'une indication globale de l'humidité. En général, l'HR a sa valeur la plus élevée tôt le matin et la plus faible au milieu de la journée. Il s'agit là des moments critiques pour le réglage du climat dans la serre. Un suivi permanent des conditions régnantes est donc essentiel pour pouvoir gérer de manière adé-

quate le climat dans une serre et réagir aux changements au niveau de l'HR.

> Les plantes peuvent attraper des maladies fongiques lorsque l'HR est trop élevée, donc le climat dans la serre doit être adapté selon. Cependant, il faut également faire attention à une faible HR parce que ceci sévit souvent au moment où la température du jour est à son niveau le plus élevé. Suivre l'HR est donc d'importance vitale.

Vitesse et direction du vent

Il ne faut pas oublier le vent lorsqu'on construit des serres. Lorsqu'une certaine direction de vent prédomine, il est sage de construire la serre face au vent. La structure de la serre devra être convenablement ancrée, surtout si la vitesse du vent peut endommager votre serre. Le film plastique et surtout le système de ventilation doivent être protégés contre d'éventuels dommages de vent. Lorsqu'il y a une direction de vent prédominante, ceci peut également affecter sérieusement la ventilation. Par ailleurs, cette direction de vent prédominante doit également être prise en compte lorsqu'on place des pare vents.

> Assurez vous que votre construction puisse subsister à la force du vent et qu'elle soit bien ancrée pour éviter qu'elle soit déplacée par l'effet du vide. Dans les climats où il y a beaucoup de vent, vous devrez choisir un film plastique de bonne qualité.

Evaporation potentielle

Les stations météorologiques mesurent l'évaporation (voir le Glossaire pour la définition) d'une surface d'eau 'libre' à l'aide de ce qui s'appelle une cuvette d'évaporation. Cette donnée se rapproche de la quantité d'eau transpirée par une culture qui couvre le sol complètement et qui est approvisionnée en eau de manière optimale, c'est pourquoi ces mesures sont très utiles pour un agriculteur. La quantité d'évaporation est principalement déterminée par la radiation solaire. (La vitesse du vent, la température ainsi que l'HR contribuent également quelque peu). Ce qui est important dans le suivi de l'évaporation prépondérante d'une culture c'est le taux d'évaporation par jour. Ce chiffre peut s'élever à 6 ou 8 mm dans les pays tropicaux pendant la

saison sèche et même à 9 mm dans les pays subtropicaux arides (qui ont une durée de jour plus longue).
L'évaporation à l'intérieur d'une serre représente à peu près les deux tiers de ce qu'elle vaut en plein champ. Le revêtement de la serre et les éléments de la construction interceptent entre 20 et 30% de la radiation (la lumière), il n'y a pratiquement pas d'impact de vent et l'HR y est généralement plus élevée. Les températures un peu plus élevées ne peuvent pas compenser la diminution au niveau de l'évaporation. Il est très important de veiller à ce que le revêtement de la serre reste propre ! Naturellement, l'évaporation s'élèvera à nouveau par échauffement (voir l'Annexe pour des exemples de taux d'évaporation potentielle).
Une idée des différents types de climats au travers du monde est donnée dans la Figure 1. Les données indiquées sont les valeurs moyennes pour les mois de Décembre et de Juin. Il y a la pluviométrie en millimètres, ensuite les températures minimum et maximum pour Décembre et Juin, ensuite le nombre d'heures d'ensoleillement par jour, l'humidité de l'air (HR) et l'évaporation potentielle (Eo) en millimètres par jour.

Figure 1 : Comparaisons entre différents endroits du monde pour Décembre et Juin

Etudiez attentivement les données climatiques figurant dans les différents tableaux de l'annexe.

1. Quito, Equateur	**Décembre**	**Juin**
Pluviométrie	- 101 mm	- 47 mm
Température	- max 23, min 8°C	- max 22, min 7°C
Ensoleillement	-5,52 h p j	- 5, 16 h p j
Humidité relative	- 69 %	- 67 %
Evaporation Potentielle (Eo)	- 3,8 mm p j	- 3,7 mm p j

2. Aéroport Lod, Israël	**Décembre**	**Juin**
Pluviométrie	- 162 mm	- 0 mm
Température	- max 20, min 9°C	- max 30, min 17°C
Ensoleillement	- 5,95 h p j	- 11,97 h p j
Humidité relative	- 71 %	- 68 %
Evaporation Potentielle (Eo)	- 1,6 mm p j	- 7,4 mm p j

3. New Delhi, Inde	**Décembre**	**Juin**
Pluviométrie	- 9 mm	- 67 mm
Température	- max 23, min 8°C	- max 40, min 29°C
Ensoleillement	- 8,16 h p j	- 7,45 h p j
Humidité relative	- 49 %	- 38 %
Evaporation Potentielle (Eo)	- 2,3 mm p j	- 8,5 mm p j

4. Bandung, Indonésie	**Décembre**	**Juin**
Pluviométrie	- 203 mm	- 59 mm
Température	- max 31, min 17°C	- max 30, min 15°C
Ensoleillement	- 6,44 h p j	- 7,56 h p j
Humidité relative	- 73 %	- 77 %
Evaporation Potentielle (Eo)	- 5,3 mm p j	- 4,6 mm p j

5. Nairobi, Kenya	**Décembre**	**Juin**
Pluviométrie	- 115 mm	- 29 mm
Température	- max 23, min 13°C	- max 22, min 11°C
Ensoleillement	- 7,96 h p j	- 5,85 h p j
Humidité relative	- 74 %	- 73 %
Evaporation Potentielle (Eo)	- 4,9 mm p j	- 4,0 mm p j

2.4 Autres conditions requises pour la culture intensive

Propriétés physiques du sol, humidité et nappe phréatique

Si l'on veut obtenir le rendement le plus élevé possible, le taux d'humidité dans la serre est essentiel. En outre, la perméabilité du sol et le niveau de la nappe phréatique jouent également des rôles importants.

- Notamment l'humus, et l'argile/le lutum à un moindre degré, retiennent l'eau et sont donc des composantes importantes de la terre. Un sol sans aucun humus se dessèche rapidement et nécessite un arrosage supplémentaire à fréquence régulière.
- Afin d'éviter que le sol ne devienne détrempé, le serriculteur doit drainer les excès d'eau. C'est pourquoi un sol bien perméable est le mieux adapté.
- Par ailleurs, la nappe phréatique doit se situer à un niveau relativement bas (au moins 60-80 cm en dessous de la surface du sol) pour permettre à l'eau en excès de se retirer facilement. Si le niveau de la nappe phréatique est plus élevé, l'eau devra pouvoir couler vers des zones plus basses par le biais de drains.

La profondeur de la principale zone d'enracinement (couche arable) dépend du besoin de la plante pour le développement optimal de ses racines. En général, une couche arable de 40 à 50 cm de profondeur suffit. Elle devra avoir de bonnes propriétés d'aération et de drainage. Il y a des douzaines de cultures qui ont des racines plus profondes.

La fertilité peut être augmentée en ajoutant des nutriments à l'eau d'irrigation pour une assimilation rapide par les plantes. Lorsqu'un sol est recouvert d'une serre pendant longtemps, le taux en sels non assimilables augmente. Par ailleurs, la salinisation de la couche arable se produit également lorsque les eaux de surface et de la nappe phréatique stagnent souvent et ne peuvent être évacuées du sol que par évaporation.

Le degré de salinisation se mesure avec un EC-mètre (voir le Glossaire pour la définition)

Si le lessivage ne se fait pas ou est insuffisant par la voie naturelle de la pluie, il faudra rincer le sol avec de l'eau neutre. ***Le lessivage*** se fait généralement avec de grandes quantités d'eau (200 à 300 mm), préférablement partie par partie, pour permettre aux sels de se dissoudre graduellement. Ensuite, il est important que l'eau puisse se retirer en profondeur par le biais de la nappe phréatique, en emportant les excès de sels dissous. Pour les sols peu profonds (où la nappe phréatique est proche de la surface) un système de drainage intensif est indispensable pour un lessivage efficace et une évacuation des eaux de drainage. Lorsque le lessivage du sol présente des difficultés insurmontables, une solution pourrait être l'utilisation de laine de verre ou de laine minérale en tant que terre de plantation. Mais ceci impliquerait une pratique de culture en serre plus compliquée qui nécessiterait l'utilisation d'irrigation au goutte à goutte avec l'apport de fertilisants artificiels. Un compromis pourrait être de placer des parterres sur le sol qui consistent en gros sable enveloppé d'un film plastique. L'excès d'eau contenant les sels pourra alors être évacué par le sol.

Tenez compte de la perméabilité du sol pour éviter un niveau élevé de la nappe phréatique, qui peut conduire à la salinisation et endommager les racines des plantes. Une analyse du sol peut être effectuée de manière simple jusqu'à une profondeur d'un mètre en utilisant une tarière Edelman (voir 6.6).

Propriétés chimiques et fertilité du sol

La fertilité du sol fait l'objet d'analyses en laboratoire fréquentes au profit de la culture en serre moderne, il s'agit d'analyses chimiques et physiques des oligoéléments et des macroéléments du sol. Ceci permet de donner de bons conseils pour l'utilisation des différentes sortes de fertilisants. La procédure standard est de mesurer la quantité des éléments les plus importants tels que :

- NH4 (ammoniac)
- K (potassium)
- Na (sodium)
- Ca (calcium)
- Mg (magnésium)
- NO3 (azote)
- Cl (chlorure)

- SO4 (sulfate)
- HCO3 (hydrocarbonate)
- P (phosphore).

En outre, le pH (voir le Glossaire pour la définition), l'acidité, ainsi que la valeur de la CE sont déterminés.
Beaucoup d'éléments peuvent être mesurés dans le sol mais aussi dans des échantillons d'eau. Il est également possible de faire une détermination des oligoéléments qui influencent la croissance des plantes, comme par exemple :

- Fe (fer)
- Mn (manganèse)
- Zn (zinc)
- B (bore)
- Cu (cuivre)
- Mo (molybdène).

A part une analyse complète, des analyses supplémentaires peuvent également être effectuées pendant la période de culture.

> Etudiez la qualité de votre sol pour vous permettre d'administrer des fertilisants. Si vous avez une grande exploitation, considérez l'option de passer un contrat avec un laboratoire pour les analyses de sol et d'eau afin de vous permettre de prendre de bonnes décisions au sujet de la fertilisation et de la fertigation (administration combinée de l'eau et des fertilisants).

2.5 Topographie du terrain

La superficie et la forme de la parcelle déterminent en partie à quel endroit placer les serres ou les tunnels. Du point de vue irrigation, il est toujours conseillé de construire sur terrain horizontal. Il serait peut être sage de considérer dès le début une éventuelle extension future de la serre. Pour le drainage en surface, des conduits (drains d'écoulement) ou des tuyaux ayant une pente suffisante conduisant aux zones plus basses sont nécessaires pour que l'eau puisse se déverser dans des canaux ou des rivières. Les conduits peuvent être souterrains ou à ciel ouvert, cela dépend de la composition du sol. Pour

l’irrigation de surface, des tranchées sont nécessaires pour conduire l’eau vers les plantes. La pente détermine la quantité et la vitesse du transport de l’eau.

Etudiez attentivement la topographie de votre terrain. Le sol de la serre doit être aussi horizontal que possible.

2.6 Infrastructure dans l’espace et distribution

Vu l’équipement de production plus onéreux et la meilleure qualité des produits, il est important que vous considériez la situation spatiale de votre exploitation. La culture en serre nécessite davantage d’attention que la culture en plein champ (réglage quotidien du climat, par exemple). C’est pourquoi vous devez pouvoir accéder facilement à votre serre à tout moment.

Une bonne route accessible sera toujours nécessaire pour les allées et venues de transport de matériels et de produits. Il faut également s’assurer de la disponibilité d’une eau d’irrigation de bonne qualité. Et pour une intensification plus poussée de votre culture en serre, la connexion à un réseau d’électricité est un facteur de production important.

3 Les serres : types et structures

3.1 Introduction

La façon par laquelle les cultures peuvent être protégées pour favoriser la croissance et améliorer la période de croissance peut varier entre des méthodes simples et peu coûteuses et des méthodes compliquées qui nécessitent beaucoup de capital. Il existe différents types de structures et de matériel de revêtement accompagnant. Nous allons nous limiter aux constructions appropriées au recouvrement de film plastique et de matériaux d'ombrage. Nous devrons également prendre en compte la hauteur de la culture ainsi que les exigences de cette dernière.

3.2 Constructions à faible hauteur

La méthode de recouvrement la plus simple est de déposer un film plastique transparent sur le sol. Afin d'assurer que le film plastique ne s'envole pas, les côtés sont alourdis avec de la terre. Cette méthode peut s'appliquer dans les régions où le climat est modéré au printemps. Le recouvrement du semis permet d'augmenter quelque peu la température et de retenir l'humidité, ce qui favorisera la germination et la croissance des jeunes plants. Immédiatement après le repiquage, vous pourriez également couvrir le sol de la même manière que vous le feriez pour les laitues.

Si vous utilisez un film plastique perforé, vous pourrez laisser le recouvrement un peu plus longtemps lorsque les températures s'élèvent au printemps et profiter un peu plus d'une croissance accélérée. Par ailleurs, les échanges de gaz peuvent avoir lieu et ainsi l'apport de CO_2 qui est nécessaire à la photosynthèse n'est pas en risque.

Recouvrir le sol avec du feuillage ou quelque chose de semblable est la méthode la moins chère et une pratique qui est généralement appliquée dans les climats ensoleillés. Un peu plus de structure peut être apporté à l'aide d'un support simple recouvert d'un matériau qui fait écran (voir Figure 2). Les jeunes plants auront alors un peu d'espace pour leur permettre de se développer librement.

Souvent, il est également possible de dresser au dessus des semis une petite structure avec des pieux sur lesquels un film plastique ou du matériel végétal qui fait écran peuvent être fixé et maintenu en place diagonalement par du fil, du bois ou du bambou. Ceci protège – jusqu'à un certain degré – contre les pluies torrentielles et le soleil intense. Pour l'orientation, faites très attention à la direction du soleil et du vent prédominant (voir Figure 3).

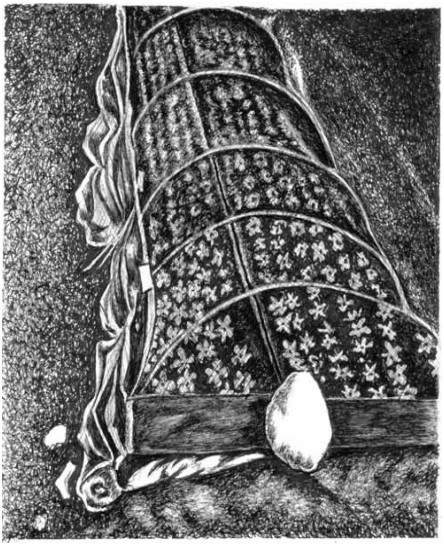


Figure 2 : Un simple support avec un matériau de protection

Les structures ouvertes comme cette dernière sont le plus approprié à la protection de la totalité de la culture dans les pays tropicaux. Elle permet de garder les plantes plus au sec et donc d'avoir moins de problèmes de maladies fongiques, ceci vous permettra d'économiser sur le contrôle phytosanitaire. Vous obtiendrez également un rendement de meilleure qualité.

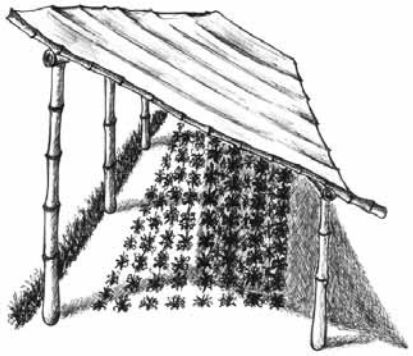


Figure 3 : Protection contre les pluies torrentielles et le soleil intense

Pour éviter la croissance des mauvaises herbes et pour limiter l'évaporation, vous pourrez recouvrir le sol de plastique noir. Il faudra alors planter les plantules dans des trous que vous aurez faits préalablement dans le plastique. Dans les serres, nous utilisons du plastique noir/blanc. La surface blanche supérieure reflète la lumière, ce qui est favorable à la croissance des plantes. Elle prévient également une soudaine élévation de

la température du sol lorsque le soleil brille sur le film plastique. La protection des semis et des pépinières contre le soleil intense, la pluie ainsi que du dessèchement est essentielle pour obtenir un bon matériel de base de plantation.

3.3 Les serres-tunnels bas

Les tunnels bas et les petits tunnels où l'on peut se tenir debout sont en réalité des serres miniature. Une diversité de types a été développée consistant d'une structure de support semi cylindrique revêtue d'un film plastique. La figure 4 donne quelques exemples, y compris les dimensions.

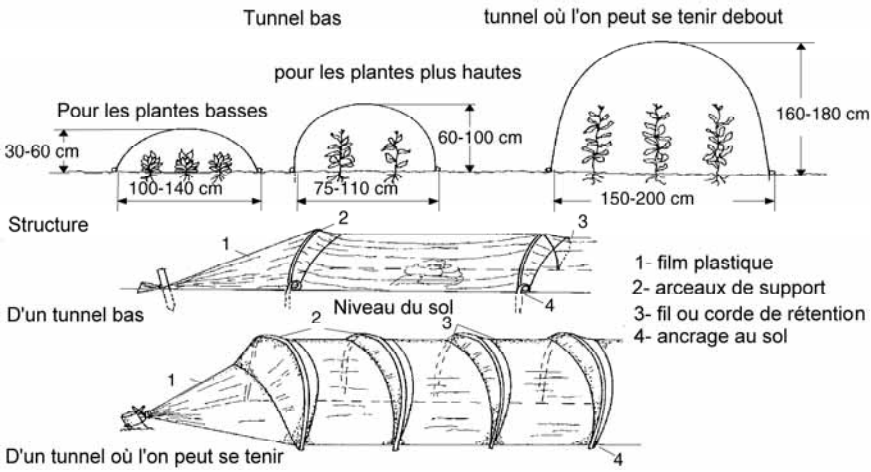


Figure 4 : Tunnels bas avec dimensions

Des arceaux de bois, de bambou, de tuyaux en plastique flexible (comme ceux que l'on utilise pour les fils électriques) ou de fil de fer résistant peuvent constituer la structure de support. Les arceaux doivent être placés à des intervalles de 2 ou 3 mètres de distance et ancrés dans le sol. Une fois que le film plastique (par exemple du polythène ou du PVC) a été tendu sur les arceaux, les côtés peuvent être alourdis avec une couche de terre. Un ancrage plus poussé se fait avec des cor-

des ou des fils de rétention par-dessus le plastique auprès de chaque arceau. Pour la ventilation, le film plastique peut être soulevé ou déplacé quelque peu.
Le film plastique est enlevé au moment de la récolte, et parfois auparavant si les conditions météorologiques restent favorables. Ainsi, le tunnel protége la culture contre les basses températures et la grêle lorsqu'il fait mauvais, mais il protége également contre les oiseaux et les insectes. Les principaux avantages des tunnels bas sont les frais réduits et la simple méthode de construction. Les inconvénients étant qu'ils ne fournissent qu'un gain limité au niveau de la température, que les possibilités de ventilation sont fort limitées et qu'il est difficile d'y travailler auprès des plantes.
Les tunnels bas sont généralement utilisés pour seulement une période de culture. Dans la plupart des cas, le recouvrement du sol avec du plastique et l'utilisation de tunnels bas sont les premiers pas vers la culture sous abri. Ceci peut fournir un gain au niveau de la température de 2 ou 3 °C. Pour les cultures qui restent proche du sol comme la laitue, le melon etc., les exploitations utilisent souvent des tunnels bas année sur année comme méthode assurée pour forcer la culture.

3.4 Tunnels où l'on peut se tenir debout

Les tunnels à hauteur d'homme recouverts de film plastique sont suffisamment hauts pour permettre d'y travailler à l'intérieur et pour héberger des cultures qui poussent en hauteur comme les tomates et les concombres. La forme la plus simple du tunnel où l'on peut se tenir debout est constituée d'arceaux de bois ou d'acier sur lesquels du plastique a été tendu. Il est important de s'assurer que sur les côtés le plastique est correctement ancré dans la terre. L'inconvénient des supports en acier est qu'au soleil et avec des températures élevées le film plastique se détériore plus rapidement aux endroits où le plastique entre en contact avec le métal chaud. Une isolation avec des bandes de mousse synthétique peut prévenir cela. Peindre en blanc le plastique au-dessus des arceaux peut aider.

Figure 5 : Tunnel où l'on peut se tenir debout

Le film plastique peut être disposé en bâches en travers du tunnel ou encore dans la longueur de celui-ci. La disposition en travers permet de fixer les rebords des bâches de plastique en position ouverte pour la ventilation (voir Figure 5).
Si la longueur du film plastique est disposée dans la longueur de la serre (longitudinalement) il est nécessaire d'effectuer un ancrage spécial aux deux extrémités, en plus de l'ancrage dans le sol sur les côtés. Pour ce genre de tunnel, la méthode de ventilation est liée au système de construction et de revêtement.
Un tunnel simple a ses limites:

- Dans un climat chaud, la simple méthode de ventilation restreint les options de culture.
- L'utilisation d'un film de polythène (PE) bon marché implique que le revêtement ne résistera que pour la durée d'une saison de croissance parce que la radiation solaire et le frottement vont le détériorer. Ceci implique d'avantage de frais de remplacement et plus de déchets. Au lieu de ceci, vous pourriez acheter à un prix raisonnable du PE stabilisé UV qui est beaucoup plus durable.
- Un ancrage simple du film plastique est sensible aux rafales de vent.
- Le palissage des cultures qui poussent en hauteur y est difficile.

Les tunnels indépendants sont utilisés à grande échelle. Ils permettent de protéger contre le froid ainsi que contre le vent et la pluie, ce qui vaut surtout pour les cultures qui poussent en hauteur et qui sont vulnérables. L'expérience a montré qu'il y a également des restreintes en conséquence de l'occurrence de valeurs de température et d'humidité excessivement élevées. Une meilleure ventilation est possible avec un peu d'assistance technique mais demande également de l'expérience pour pouvoir s'en servir.

3.5 Les tunnels avec possibilité de régler le climat

La longue expérience dans l'utilisation des tunnels en plastique a résulté en différentes améliorations au niveau du réglage du climat, des pratiques de culture applicables ainsi que de la durée de vie des tunnels. Les tunnels à structure solide sont illustrés dans la Figure 6.

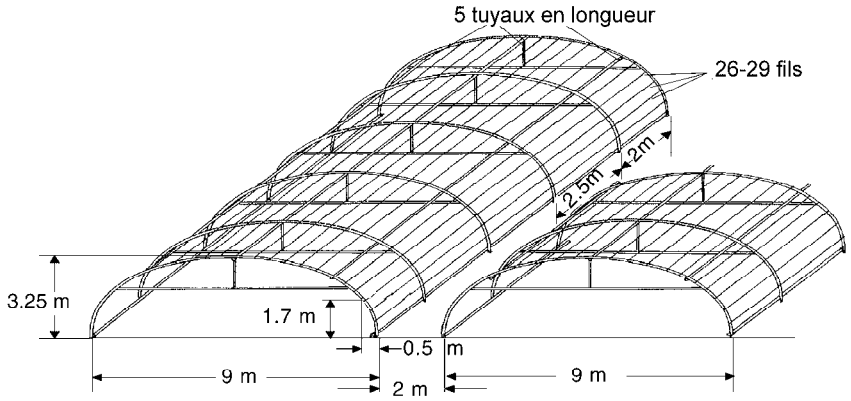


Figure 6 : Tunnel à structure solide

Les dimensions sont telles qu'elles permettent suffisamment de place pour y travailler à l'intérieur et pour cultiver une diversité de plantes plus hautes. La structure est formée de tubes galvanisés, qui peuvent également être renforcés dans la longueur avec des fils. Les intervalles entre les arceaux de support doivent être de 2 à 2.5 mètres pour pou-

voir subsister aux vents violents et au poids de la neige. Mais l'inconvénient des arceaux en acier avec des fils est que le film plastique a tendance à s'endommager plus rapidement par frottement aux endroits où il touche le métal. Une isolation à l'aide de ruban adhésif ou de ruban de mousse entre l'arceau en acier et le film peut être très utile. Des entretoises (supports de stabilité) permettraient une construction plus robuste et, par ailleurs, offriraient la possibilité de supporter des plantes qui poussent en hauteur.
Le pas vers les tunnels à l'intérieur desquels on arrive à mieux régler le climat n'est qu'une question d'argent. Cependant, un tel investissement ne se justifie que lorsque le cultivateur a pu bénéficier de l'expérience requise avec la culture pertinente et avec l'équipement de suivi qui sera nécessaire. Faire des échanges d'expériences avec des collègues, des consultants et des fournisseurs constituent des pas dans la bonne voie.
Dans la plus simple de ses formes, une serre multi-chapelle a une construction à toiture plane. Ce type de serre se trouve surtout dans le sud de l'Espagne. Le revêtement plastique est généralement d'une qualité légère de PE et doit être renouvelé après chaque culture 'd'hiver'. Les largeurs de film sont disposées sur toute la longueur de la serre. Des ouvertures de ventilation sont laissées entre les largeurs du film plastique. Et puisque la structure n'est pas très robuste, les plantes qui croissent en hauteur sont supportées avec des perches. La construction dans la Figure 7 est plus ou moins horizontale. La ventilation se fait par le biais de la toiture en déplaçant le film.

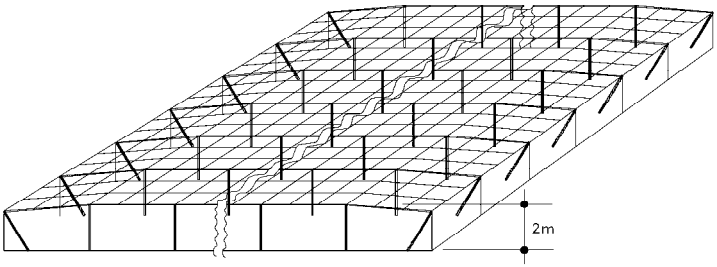


Figure 7 : Construction à toit plat

Les bi-tunnels sont beaucoup plus courants et une diversité de structures a été développée. Les différences se situent au niveau de la largeur des chapelles et des méthodes d'ombrage et de ventilation (voir les Figures 8 et 9).

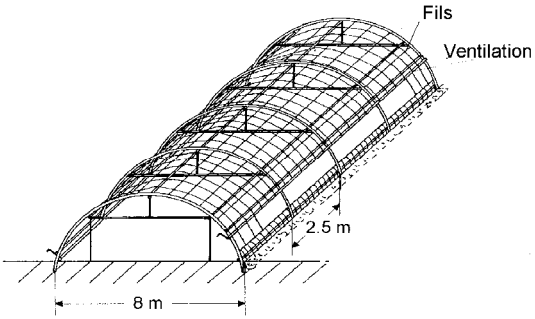


Figure 8 : Tunnel de film plastique avec coupe transversale et ventilation latérale par enroulement (pratiqué également dans le bi-tunnel)

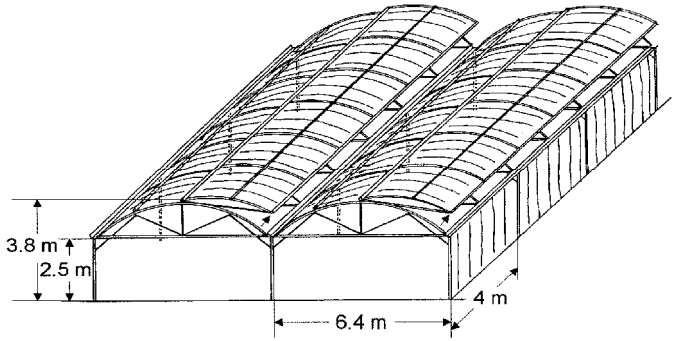


Figure 9 : Bi-tunnel avec ventilation par déplacement d'une partie ou de la totalité de la toiture

Les serres bi-tunnel et multi-chapelles permettent de mieux disposer de l'espace. Il y a moins de pertes de périphérie et le travail à l'intérieur y est plus aisé et plus efficace. Le réglage du climat se fait de manière semblable à ce qui est pratiqué dans les tunnels simples

bien équipés et il est même possible de le faire par voie mécanique ou automatique. D'autres points forts sont : la culture est plus uniforme et il y a davantage de possibilités de mécanisation, comme par exemple pour le transport à l'intérieur du tunnel. Dans les pays tropicaux chauds, le nombre de tunnels que l'on peut construire attachés les uns aux autres est limité, parce que la ventilation latérale y est importante et indispensable.

3.6 Abris pour ombrage

Dans les régions à climat chaud et ensoleillé ou pendant la saison sèche des climats à mousson, il est essentiel de protéger les cultures contre le soleil accablant. En général, un abri est placé au dessus des jeunes plants pour produire de l'ombre, surtout après transplantation ou pour les boutures. Si la période d'ombrage est longue, il sera nécessaire de placer un abri permanent. Le plus facile serait d'utiliser des feuillages comme par exemple des feuilles de palmier, mais les tissus, les filets ou encore les treillis sont plus durables. Le matériau à ombrage est variable en qualité et dans la mesure dans laquelle il bloque la lumière du soleil. Le matériau à ombrage peut être attaché à une structure de pieux ou de tubes avec des supports horizontaux formant des carrés (voir Figure 10). La structure peut être ancrée sur les côtés pour plus de stabilité. Les abris d'ombrage sont pratiqués surtout dans les régions où le soleil est torride pendant de longues périodes. La ventilation (refroidissement) se fait par le biais des filets ouverts sur les côtés. Ces abris permettent de cultiver une diversité de plantes sans la nécessité de recourir aux serres refroidies qui sont plus complexes.

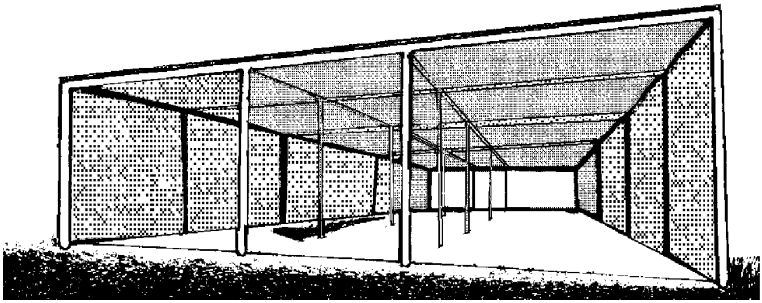


Figure 10 : Abri pour ombrage (Rovero)

4 Le revêtement de serre

4.1 Introduction

Pour protéger les cultures des influences extérieures, il est important d'utiliser un matériel de revêtement de bonne qualité. Le présent chapitre traite les avantages et les inconvénients de différents matériaux ainsi que les effets qu'ils suscitent.

4.2 Revêtement de film plastique

Le film plastique utilisé le plus souvent pour recouvrir le sol et les serres (revêtement) est le *polythène* (PE). Il existe également des membranes plastiques en *chlorure de polyvinyle* (PVC), en *copolymère d'éthylène-acétate de vinyle* (EVA), en polyester et en *Tedlar* (voir tableau 2). L'avantage que présente le PE sur les autres films plastiques est qu'il est produit dans toutes sortes de largeurs et épaisseurs et également que c'est bon marché. Un des inconvénients que présente ce matériau est que sa durabilité est limitée. Sa durée de vie peut cependant être allongée de manière significative avec une stabilisation UV. Un apport d'acétate de vinyle, le copolymère EVA, pendant le procédé de production, améliore la capacité du film à retenir la chaleur dans la serre pendant la nuit.

Un film très fin et donc bon marché de PE, généralement d'une épaisseur de 30 à 50 microns (0.03-0.05 millimètres) s'utilise pour recouvrir les semis et les parterres. Le film peut être ancré avec de la terre pour éviter qu'il ne s'envole avec le vent. Il est également possible de couvrir davantage de superficie du sol avec des bandes plus larges de film plastique.

Dans le cas où vous désirez vous servir du film plastique pour une période plus longue et permettre aux plantes de grandir davantage, il serait préférable d'utiliser *un film plastique perforé*. Afin d'obtenir un taux de perforation de 4 ou 5 % par mètre carré, entre 500 et 1000 trous sont percés de manière mécanique dans le film. Ainsi les échanges de dioxyde de carbone et d'oxygène peuvent se produire normalement et un excès de chaleur peut s'échapper lorsqu'il fait soleil. Na-

turellement, ce film retient un peu moins bien la chaleur, mais le recouvrement du sol gardera tout de même l'avantage de restreindre les pertes de transpiration.
Un film de PE de 150 ou 200 microns d'épaisseur (0.15-0.20 millimètres) est souvent utilisé pour le revêtement des tunnels et des serres. Il est possible de produire le film de PE à la même épaisseur que l'EVA. Les meilleures propriétés de ce film plastique sont clairement répercutées sur le prix qui est plus élevé. Un aperçu des propriétés des films plastiques mentionnés ci-dessus est présenté dans de tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Propriétés des membranes en plastique

Type indication de prix	**Epaisseur en mm**	**Transmission de la lumière (%)**		**Transmission IR**	**Durabilité**
		90°	60°		
PE Très bon marché	0.03 – 0.05	92	80	0.7-0.8	> 6 mois
PE stabilisé UV Bon marché	0.15-0.20	92	80	0.5-0.6	3-4 ans
EVA Prix Modéré	0.15-0.20	91	79	0.3-0.4	3-4 ans
PVC Assez bon marché	0.15-0.20	89	78	0.2-0.3	1-2 ans
polyester Melinex Assez cher	0.05-0.125	93	82	0.1-0.2	8-12 ans
Tedlar Cher	0.20	94		0.4	5-7 ans

(Source : C. von Zabelitz, 1988, A. van Ittersum, 1997)

La valeur de la transmission de la lumière vaut pour le matériau neuf. Par ***le vieillissement et la pollution*** la transparence du matériau diminue petit à petit. La déviation par rapport à la valeur initiale peut même atteindre entre 10 et 20 %. La transmission de la lumière est la plus élevée lorsque le soleil est *perpendiculaire* au revêtement de la serre (90°). Mais ceci n'est valable que pendant une petite partie de la journée et l'effet diminue au fur et à mesure que le soleil baisse vers l'horizon. Une valeur de 60° peut être accordée à la lumière qui parvient à la serre sous différents angles. Lorsque le soleil est bas, la transmission est fort moindre en conséquence des pertes considérables

dues à la réflexion. Ainsi, la quantité de soleil qui peut réellement pénétrer la serre dépend de l'orientation de la serre.
La transmissibilité de lumière des différents films plastiques ne varie pas beaucoup, mais il y a une différence au niveau de la détérioration due au vieillissement. La transparence des films plastiques en polyester et en Tedlar est maintenue pendant bien plus longtemps que celle des autres films, mais ces films sont dix fois plus coûteux que le PE ou le PVC.
La transmission de la lumière peut diminuer radicalement par la formation ***de gouttelettes de condensation*** sur la surface intérieure du revêtement. C'est la raison pour laquelle des méthodes ont été développées pour éviter la formation des gouttelettes. Lorsque le film plastique a reçu un traitement anti-condensation (anti-brume), la condensation diminuera graduellement et disparaîtra complètement après une année ou deux.

4.3 Effets des matériaux de revêtement

La lumière qui entre dans la serre réchauffe la terre, les plantes ainsi que la structure. Le film de revêtement peut prévenir la réflexion de ***l'énergie radiante*** à un degré plus ou moins fort. Pour ce qui est dudit effet de serre, il peut y avoir des différences énormes entre les différents types de films : le PE retient la chaleur mais à un degré limité, l'EVA le fait beaucoup mieux, alors que le PVC et le *Melinex* (voir tableau 2) sont exceptionnellement bons et le *Tedlar* a des propriétés de retenue de la chaleur assez bonnes. En fait la condensation a un effet positif sur la rétention de la chaleur, surtout si on utilise le PE et l'EVA. La valeur de durabilité du film s'applique aux climats tempérés. Dans des conditions de soleil intense pour de longues périodes d'affilée, les films sont bien moins durables, ceci vaut surtout pour le PE et le PVC. Les expériences obtenues avec le film EVA ont révélé que sous ces conditions là ce dernier subsiste mieux. Pour ce qui est de l'expérience obtenue avec les films plus coûteux, peu est connu.
Un développement récent entièrement différent est la production d'un film qui a un certain effet refroidissant. Le film Astrolux (non mentionné dans le tableau) est conçu spécialement pour les régions où la

forte radiation domine. Dans les serres revêtues de ce film, les températures au milieu de la journée peuvent être maintenues à 6 ou 7° de moins que sous d'autres types de revêtement (par le biais d'une réflectivité élevée). Evidemment, le prix de cette membrane est très élevé, et son utilisation dans des petites entreprises semble encore loin.
Ce qui est généralement employé pour revêtir les tunnels standard, c'est le PE. Dans un climat chaud, les qualités inférieures de rétention de la chaleur pourraient présenter justement un avantage parce que ceci permet à l'énergie radiante excessive de s'échapper. Si vous souhaitez retenir davantage la chaleur et que vous cherchez un revêtement bon marché, le PVC est un bon choix. Cependant, il vaut mieux utiliser l'EVA. Son prix plus élevé est plus que compensé par sa meilleure durabilité. L'utilisation du *Melinex* qui est très onéreux est encore limitée, et le *Tedlar* ne s'emploie pas encore parce que ce matériau n'est pas livrable dans des dimensions adéquates.

5 Gestion du climat dans la serre

5.1 Introduction

A l'intérieur d'une serre, le climat est réglé par la ventilation, le chauffage et le refroidissement, ainsi qu'en utilisant des systèmes d'ombrage. Lorsqu'on essaye de régler un des facteurs, généralement cela a des effets sur les autres facteurs du climat. Pour donner un exemple, augmenter la température fait baisser l'humidité relative. La ventilation affecte la température aussi bien que l'humidité de l'air, alors que l'ombre affecte la transmission de la lumière (niveau d'assimilation) ainsi que la température.
Régler le climat est le plus difficile lorsque le temps est sec et ensoleillé, surtout dans la période suivant immédiatement la transplantation, lorsqu'il n'y a qu'une partie de la terre qui est recouverte par les plantes. La transpiration des plantes a un effet important sur la stabilité du climat à l'intérieur de la serre. Une forte transpiration demande beaucoup d'énergie et assure ainsi que la température de l'air ne s'élève pas trop ce qui fait augmenter l'humidité de l'air. Dans les parties qui suivent, nous allons traiter les différentes méthodes pour régler le climat.

5.2 Méthodes pour régler le climat

Ventilation

La ventilation se fait en ouvrant une partie du revêtement de la serre sur une paroi latérale, dans le toit ou au niveau des extrémités (d'entrée). Dans un climat chaud, la surface à ouvrir pour la ventilation doit représenter au moins 20 à 25 % de la coque de la serre (et encore plus dans les pays tropicaux chauds). Il est nécessaire de ventiler lorsque la température ou l'humidité de l'air ont trop monté, mais il faut procéder graduellement pour éviter des changements brusques dans le climat qui pourraient choquer les plantes. Des exemples sont présentés dans les figures 11, 12 et 13.

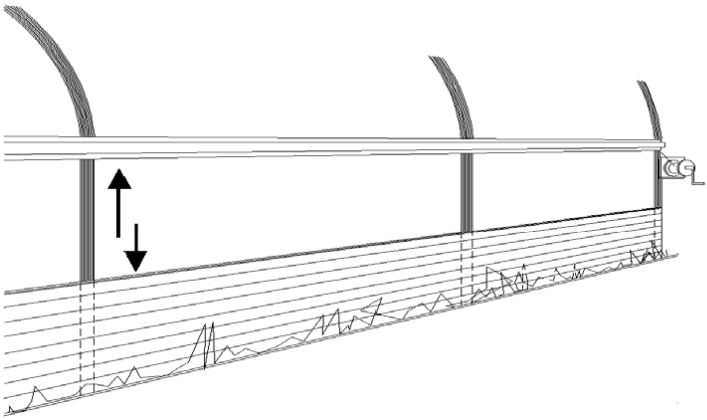


Figure 11 : Ventilation par enroulement de la paroi latérale sur la partie verticale de la coque

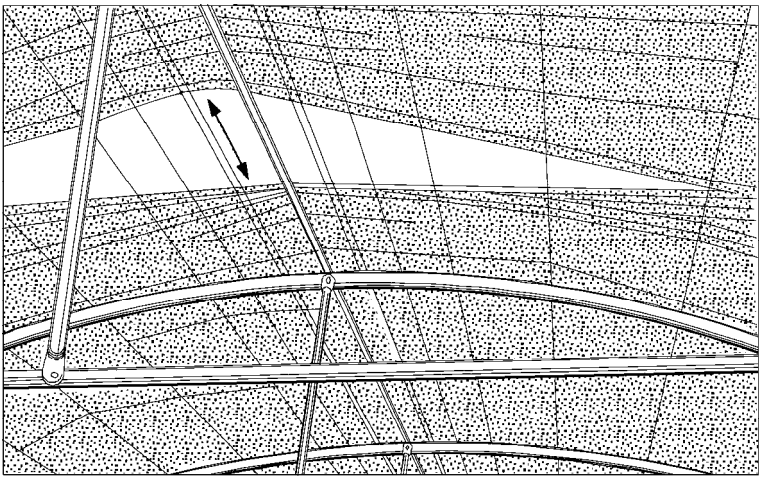


Figure 12 : Système de ventilation opéré en tirant sur des cordes pour écarter les bâches d'une serre revêtue d'un film

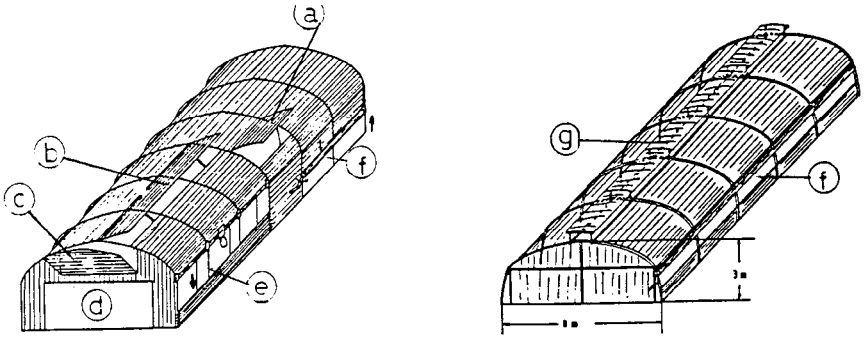


Figure 13 : Vue générale des possibilités de ventilation pour les serres avec revêtement de film plastique

Explication :
a = ouvrant de ventilation simple
b = ouvrants de ventilation continus
c = ouvrant de ventilation dans la paroi où il y a l'entrée
d = ventilation par porte ouverte
e = ventilation par paroi latérale, du haut vers le bas
f = ventilation par paroi latérale, du bas vers le haut
g = ventilation continue par relèvement des ouvrants de la faîte

Il est utile que les ouvrants (de ventilation) s'ouvrent et se ferment ***graduellement***, que ce soit à la main ou à commande mécanique. Dans les structures extrêmement simples, on ouvre simplement les portes ou on introduit des ouvertures permanentes. Il y a beaucoup de possibilités pour la *ventilation à la main.* Souvent, et par commodité, tout est simplement laissé ouvert ou partiellement ouvert, mais il est clair que ceci n'offre pas un réglage optimal de la ventilation. Dans les serres qui sont bien équipées, la ventilation *(mécanique)* est adaptée aux conditions météorologiques ambiantes et aux besoins de la culture. Ceci conduit à une meilleure gestion du climat.
La chaleur s'accumule principalement dans la faîte du tunnel. Les ouvertures de ventilation sont les plus effectives lorsqu'elles se situent à ce niveau, mais alors elles tendent à rendre la structure d'un tunnel

plus coûteuse. Il est important que les ouvrants résistent au vent, aussi bien dans leur position fermée que dans les différentes positions ouvertes. Vous pourrez recouvrir les ouvertures de filet anti-insectes.

Ombrières

Il faut donner de l'ombre aux cultures qui ne supportent pas très bien le soleil. Ceci s'applique aux plantes qui aiment l'ombre, mais c'est également essentiel pour les semis et les jeunes plants. L'ombre réduit quelque peu l'évaporation, donc l'assimilation de l'eau par les plantes se rapproche de la situation optimale.

Figure 14 : Ombrière à l'extérieur de la serre

Sinon, la surchauffe des cellules des plantes pourrait provoquer la brûlure ou la déshydratation interne, provoquant par exemple la pourriture apicale chez les tomates et les poivrons, et la nécrose marginale (ou tip burn) chez les laitues et les choux. Finalement, les ombrières sont souhaitables dans les situations où le soleil peut surprendre les plantes après une longue période de temps maussade. Une ombrière

amovible est très utile lorsque le temps est variable avec de belles éclaircies.
Il est clair que l'ombre est surtout nécessaire dans les zones à climat chaud et ensoleillé. Plus le climat est chaud et plus la plante est délicate, plus il faut produire de l'ombre. C'est la raison pour laquelle le matériel d'ombrage existe dans une gamme aussi importante de pourcentages d'ombre. Les ombrières doivent protéger partiellement contre l'énergie radiante du soleil. Le plus efficace est de placer l'ombrière à l'extérieur de la serre. Ainsi, le soleil qu'il bloque ne pourra pas chauffer la serre, et encore moins les plantes.
Cependant, une ombrière extérieure est plus vulnérable aux intempéries et nécessite également une structure supplémentaire sur la serre. Il y a tout de même différentes solutions (voir Figure 14). La pratique la plus commune, surtout dans les régions à climat tempéré, est de placer l'ombrière à l'intérieur de la serre. Bien sûr, il faudra une structure supplémentaire qui peut être introduite dans le tunnel par le biais d'appuis supplémentaires en fil attachés à la structure (voir les Figures 15 et 16).

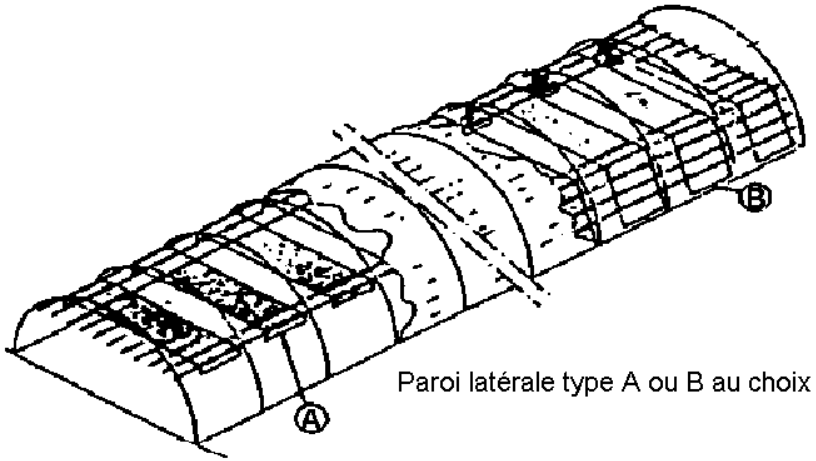


Figure 15 : Bâches d'ombrage à l'intérieur d'un tunnel

Dans les régions chaudes et ensoleillées, la culture sous ombrière est entrée en vogue. Ici, le matériel d'ombrage est soutenu par une structure où la ventilation a libre jeu (voir Figure 10, abri pour ombrage). C'est ainsi que l'agriculture est devenue possible sur la péninsule Arabe, par exemple.

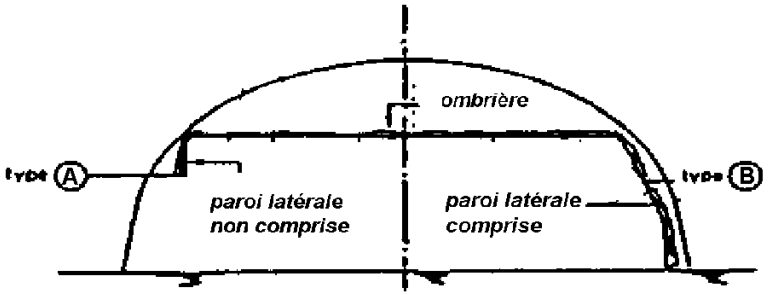


Figure 16 : Ombrière à l'intérieur d'un tunnel: coupe transversale

Chauffage

Il est souvent nécessaire de chauffer la serre ou le tunnel pour éviter des dommages de froid à la culture et pour assurer une croissance optimale. Le chauffage passif se fait par la rétention de la chaleur, de manière active on peut effectuer un chauffage supplémentaire à l'intérieur.

Chauffage passif

- **Revêtement de film plastique.**

Evidemment, en recouvrant le sol d'un film plastique et en utilisant des tunnels et des serres, une partie de l'énergie radiante de la journée peut être retenue. Ainsi, il s'agit là d'une forme de chauffage passif.

- **Conservation de la chaleur dans de l'eau.**

Une partie de l'énergie radiante du soleil peut également être retenue de manière peu coûteuse en plaçant sur le sol entre les rangées de plantes des sacs en plastique noir remplis d'eau. L'eau se réchauffe au cours de la journée et retransmet la chaleur graduellement à l'air dans

la serre. Malheureusement le dégagement de chaleur est au plus bas au moment où l'air est à son plus froid, avant la levée du jour. Cette méthode peu onéreuse est également vulnérable parce que les fuites peuvent facilement avoir lieu.

➢ **Film plastique qui retient la chaleur.**
Une meilleure façon de retenir davantage la chaleur est de choisir un film plus coûteux pour le revêtement de la serre. Ceci a déjà été traité dans le Chapitre 3. Le film en EVA, qui est plus onéreux, est celui qui est employé le plus fréquemment dans ce but. Il serait également possible d'utiliser une double couche de film plastique pour revêtir la serre ou le tunnel. L'inconvénient de cette méthode qui est relativement plus chère est que la lumière est moins bien transmise dans la serre et donc que la croissance est retardée.

➢ **Ecrans thermiques.**
Depuis quelques décennies, des écrans thermiques sont utilisés pour réduire les pertes de chaleur pendant la nuit. Si l'on prend en considération que l'on a déjà une ombrière pour protéger contre les rayons ardents du soleil, on peut aussi refermer celle-ci pendant la nuit pour maintenir la chaleur à l'intérieur de la serre. Des écrans formés de lamelles d'aluminium ont été développé et sont très efficaces pour bloquer l'énergie radiante, et en règle générale ces derniers peuvent également être employés en tant qu'ombrière. Naturellement, les investissements sont considérables pour ce genre d'écrans.

➢ **Tapis de roseaux.**
La pratique de recouvrir le revêtement de la serre avec des tapis (de roseaux) pendant la nuit existe depuis longtemps, même si elle demande beaucoup de travail (voir Figure 17).

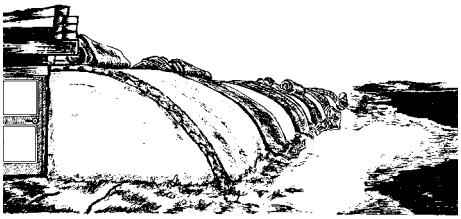


Figure 17 : Des tapis de roseaux recouvrant la serre afin de retenir la chaleur

➢ **Fumier pour chauffer.**

Une autre méthode pour réchauffer la terre, qui est bien différente et très ancienne, c'est l'utilisation de fumier pour chauffer. En entassant du fumier frais riche en paille et en le recouvrant d'une couche de terre, une fermentation microbienne a lieu qui produit de la chaleur. Ainsi, la température de la surface supérieure du sol monte et ceci favorise le développement des racines et la croissance de la culture.

Par ailleurs, du CO2 est libéré, ce qui stimule la photosynthèse (voir le Glossaire pour la définition). La fermentation est plus rapide lorsqu'on y ajoute de la paille enrichie de fertilisants azotés et qu'on mouille le tout. Il est également possible d'utiliser des balles de paille. Il faudra alors les recouvrir de 15-20 cm de terre de la serre après s'être assuré que la paille a été mouillée à fond et détrempée dans un fertilisant azoté. La température peut alors s'élever à 30°C ou plus, en fonction de la quantité de fumure utilisée par mètre, bien sûr.

Chauffage actif

Le chauffage actif d'une serre est également une pratique très ancienne.

➢ **Chauffage par air.**

Dans sa forme la moins coûteuse, ceci se fait en installant un ou plusieurs poêles dans la serre et en canalisant les fumées d'évacuation vers le haut et l'extérieur de la serre par des tuyaux qui montent graduellement (voir Figure 18). Ceci permet d'essayer de répandre la chaleur suscitée. En Chine ils utilisent toujours un système antique dans des serres longues où une cheminée avec une faible inclinaison longe toute la serre, et emporte la fumée

Figure 18 : Les tuyaux du poêle chauffent toute la serre

chaude qui provient d'une fournaise qui brûle au devant de la serre (en appentis). Naturellement, plus on s'éloigne de la fournaise, plus la température est basse. Des poêles plus modernes distribuent la chaleur dans toute la serre. Il y a des petits poêles suspendus dans lesquels est brûlé un fuel propre (libre de soufre, parce que l'anhydride sulfureux est toxique pour la culture) (par exemple du gaz propane, voir Figure 19).

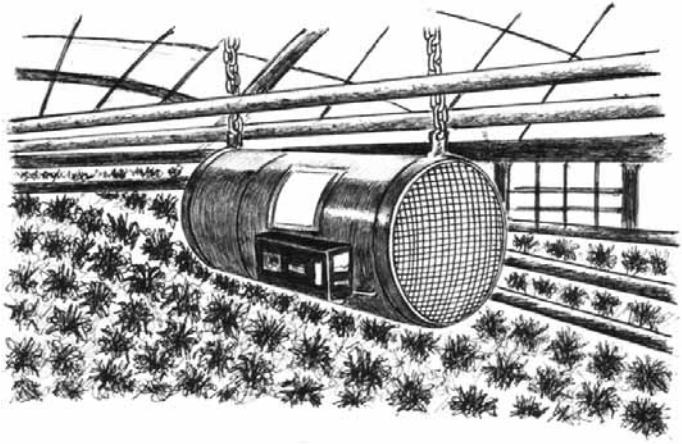


Figure 19 : Un poêle supendu dans la serre

Ceci exige évidemment la disponibilité d'électricité. Dans cette situation, les fumées d'évacuation contenant du dioxyde de carbone (CO_2), qui est favorable à la croissance, peuvent rester dans la serre. Lorsqu'il n'est pas nécessaire de ventiler la serre, cet apport de CO_2 provenant des fumées d'évacuation peut stimuler l'assimilation, ceci se fait également par l'apport de CO_2 pur. Les gaz toxiques, tels que le monoxyde de carbone (CO) et le méthane (CH4), sont libérés lorsque la combustion n'est pas totale et ceci peut nuire sérieusement aussi bien aux humains qu'aux plantes.
En outre, il y a des fournaises indépendantes qui répandent de l'air chauffé dans la serre à l'aide d'un ventilateur et qui conduisent les fumées d'évacuation au dehors de la serre (voir Figure 20). Dans cette

situation, il y a un risque de pollution par l'air des serres. Il existe toute une gamme de ce type de poêles sur le marché.

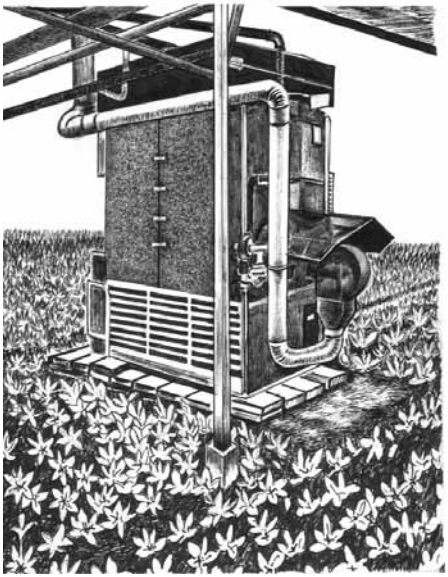


Figure 20 : Fournaise indépendante

➢ **Chauffage par eau.**

Un autre principe qui est appliqué est l'utilisation d'un chauffe-eau. L'eau chaude est alors conduite au travers de la serre par des tuyaux pour que la chaleur soit transmise uniformément. Lorsque de l'eau chaude est disponible provenant de sources chaudes naturelles, il est possible de pratiquer le chauffage par tuyaux. Mais dans ce cas, l'eau refroidie (qui contient souvent des sels) devra être évacuée de manière sûre ou injectée à nouveau dans le sol (voir Figure 21).

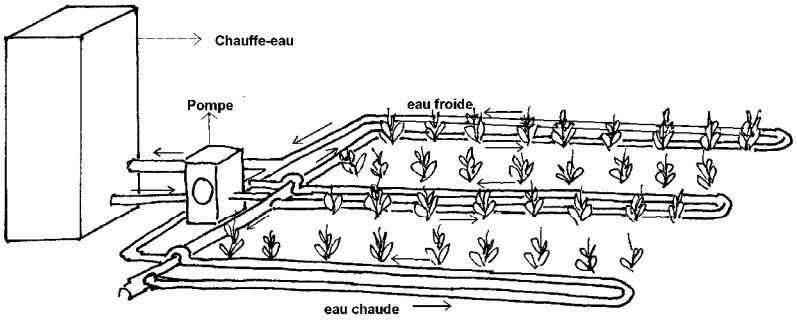


Figure 21 : Système de chauffage à l'eau chaude

Pour connaître la capacité de chauffage que vous devrez installer, vous devrez disposer des données climatiques de l'intérieur et de l'extérieur de la serre ainsi que des dimensions de la structure de la serre.

Refroidissement

Lorsque la radiation est trop forte et qu'en même temps la température à l'extérieur est trop élevée, vous pouvez refroidir activement la serre pour améliorer les conditions de croissance de votre culture. Dans certains cas, le refroidissement peut être une mesure supplémentaire, liée par exemple à l'ombrage ou parfois à la ventilation. Ci-dessous il y a quelques exemples :

- **Arroser le toit de la serre.**

Parfois les serres bien équipées ont un système d'arrosage qui mouille le toit de la serre au besoin. La faible quantité d'eau qui est alors arrosée par intervalles sur le toit de la serre s'évapore à la chaleur du soleil et ceci refroidit de quelques degrés l'air environnant. Ventiler avec cet air refroidi assure un meilleur climat dans la serre. Cependant, l'eau de pluie pure est la seule eau adéquate pour cette fin. L'eau de fleuve ou de source contient des sels en solution qui pollueront rapidement et sérieusement la serre lorsque l'eau s'évaporera et les polluants s'accumuleront alors sur le toit de la serre.

- **Humidifier l'ombrière.**

Un système d'arrosage qui mouille l'ombrière par en-dessous peut offrir un peu de refroidissement. Ceci est pratiqué dans les régions excessivement ensoleillées et sèches (arides) où la culture se fait dans des abris à ombrage (voir la Section 5.1.2).

- **Le refroidissement par ventilateur et matelas d'évaporation.**

Sous des conditions météorologiques *chaudes et sèches,* il est possible d'obtenir un climat en serre acceptable en utilisant un système de ventilateur avec matelas d'évaporation. Le principe est de placer des matelas d'évaporation à une des extrémités de la serre de manière à pouvoir les mouiller continuellement par le biais d'un système d'arrosage. Des ventilateurs (fans) placés de l'autre côté de la serre attirent l'air

plus frais et plus humide provenant des matelas d'évaporation d'en face et le font sortir de la serre. Pendant que l'air traverse la serre, le soleil le réchauffe quelque peu. Plus l'air est sec, plus le refroidissement est effectif puisque ainsi l'air pourra absorber d'avantage d'eau condensée dans le matelas d'évaporation. La ventilation 'libre' est alors exclue. (Voir l'Annexe, Tableau 8 refroidissement par ventilateur avec matelas d'évaporation -Pad and fan cooling-). Il est simple de rembourrer les matelas d'évaporation avec de la fibre de noix de coco qui se conserve pendant plusieurs saisons. Il existe également des matelas d'évaporation à structure alvéolée sur le marché qui se conservent intégralement pendant plusieurs années.

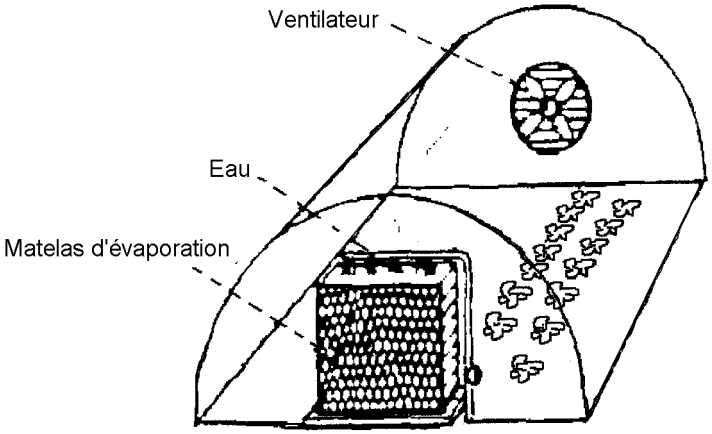


Figure 22 : Refroidissement par ventilateur avec matelas d'évaporation

➢ **Arrosage à l'intérieur de la serre.**

Parfois le refroidissement de l'air de la serre pendant des jours chauds ou dans un climat chaud peut se faire avec une installation d'arrosage qui permet d'obtenir des résultats satisfaisants. Il est alors absolument nécessaire d'utiliser de l'eau propre. Cependant, certaines plantes comme les jeunes plants/boutures doivent être protégés à l'aide d'une installation de micro-brumisation.

Pour récapituler dans un tableau simple les méthodes de contrôle climatique en pratique :

Tableau 3 : Possibilités de contrôle climatique dans différents types de 'serres'

	Ventilation	Ombrage	Chauffage	Refroidissement
Couvrir le sol de film plastique et petits tunnels	+/-	-	-	-
tunnels simples où l'on peut se tenir debout et serres	+	+/-	-	-
Serres à capacités techniques supérieures	++	+	+/-	+/-

- non disponible
+/- systèmes simples
+ bons systèmes
++ systèmes avancés

5.3 Intégration des différents éléments de réglage des conditions climatiques

Jusque là, nous avons traité quatre façons de régler le climat à l'intérieur d'une serre ou d'un tunnel, notamment la ventilation, l'ombrage, le chauffage et le refroidissement. Comment agir dépend des besoins de la culture, du climat ou des conditions météorologiques, et naturellement du type de couverture végétale et de la structure de la serre. Une description d'un équipement de suivi simple se trouve dans la Section 6.6.

Recouvrir le sol de film plastique et petits tunnels

En réalité il n'est pas possible de régler le climat dans le cas où un film plastique est utilisé simplement pour recouvrir les parterres ou la totalité du champ. Le film plastique doit être enlevé avant que la température qui sévit en dessous ne s'élève trop entraînant le risque de brûlure des feuilles. Cependant, lorsqu'un film perforé qui permet un

peu de ventilation est employé, il est possible de reporter le moment où le plastique doit être enlevé. Le fait de recouvrir la culture d'un film plastique a un effet favorable sur l'humidité de l'air. Les semis en germination et les jeunes plants bénéficient s'ils se développent dans une atmosphère plus humide. Par ailleurs, les pertes d'eau seront limitées, ce qui est un avantage surtout sous des conditions météorologiques arides.
Dans les petits tunnels il y a davantage de possibilités de ventilation. Le film plastique peut être relevé sur les côtés pour des périodes de temps plus ou moins longues, et des trous peuvent être percés dans le film pour permettre une meilleure ventilation permanente. Les plantes seront alors protégées quelque peu contre le froid, le vent et la pluie. Une fois que la culture monte et occupe davantage de surface (pensez par exemple aux melons), le revêtement du tunnel devra être enlevé en totalité.
Régler le climat en plaçant des largeurs de film PE sur la terre ou par dessus des petits tunnels présente beaucoup de limites. Par ailleurs, ceci ne pourra se faire qu'au printemps, lorsque le temps change de froid vers suffisamment chaud. Ceci implique également que cette forme de protection n'est adéquate que dans les climats tempérés et subtropicaux.

Tunnels simples où l'on peut se tenir debout et serres

Lorsqu'on travaille dans des tunnels où l'on peut se tenir debout et dans des serres où des cultures peuvent pousser en hauteur, il y a davantage de possibilités pour régler le climat, bien que les options possibles dépendent de la structure et de la capacité technique de la serre. Dans tous les cas, une certaine mesure de ventilation est possible dans les serres simples ou les tunnels. Le climat qui sévit à l'intérieur de la serre détermine quand et combien il faut ventiler donc vous aurez besoin de données concernant la température et de préférence également concernant l'humidité de l'air. Par ailleurs, vous devrez prendre en considération les exigences de la culture.
Imaginez que vous avez des tomates ou des poivrons qui poussent dans un tunnel dans lequel il est possible de régler la ventilation sur le côté. Vous avez également un système d'arrosage par aspersion à votre

disposition. Comment alors procéder pour régler le climat dans la serre?

Les mesures de la température et de l'humidité de l'air se prennent respectivement à l'aide d'un thermomètre maximum/minimum et d'un psychromètre. Le mieux serait de placer ces instruments dans un abri météorologique. Il faudra relever les mesures plusieurs fois par jour en faisant particulièrement attention au soleil et aux nuages à ces moments. Pour obtenir une bonne idée des effets des conditions climatiques, il est essentiel que les observations soient faites à intervalles régulières, par exemple, relever les températures à l'extérieur de la serre à 7 h du matin, à 12 midi et à 5 heures de l'après midi. A l'intérieur de la serre, il faudra relever les températures bien plus souvent. Ce serait beaucoup plus simple si vous aviez un thermohygrographe pour enregistrer les données. Ainsi, avec les données que vous allez obtenir et en faisant attention aux besoins de la culture, vous serez capable de régler le climat.

La ventilation se fait dès qu'il y a un risque de hausse excessive de température et de l'humidité de l'air. Il arrive que la ventilation réduise trop l'humidité de l'air, dans ce cas et dans la mesure du possible, il faudra arroser.

Examinons de plus près comment se passerait une telle journée :

- *Tôt le matin – Le matin est ensoleillé, la température de l'air s'élève et la culture commence à transpirer beaucoup, ce qui fait monter l'humidité de l'air dans la serre. Bien que la température de l'air monte, certaines parties des plantes comme les fruits et les plus grosses branches mettent plus de temps à s'échauffer, alors que l'humidité qui augmente peut atteindre le point de condensation et cette humidité peut avoir des effets sur ces parties de plantes. La condensation se fait plus facilement en dessous des plantes. Et la condensation favorise la croissance des mycoses. C'est la raison pour laquelle vous devrez ventiler quelque 25 % même si la température n'est pas si élevée.*
- *Plus tard dans la matinée – si le temps se réchauffe, par exemple au dessus de 25 ℃, vous devrez ventiler en utilisant 50% de la capacité disponible. Si la température continue de monter jusqu'à 28-30 ℃*

par exemple, vous devrez ventiler à 100%. Des ouvrants qui peuvent s'ouvrir graduellement dans différentes positions sont idéaux pour un réglage graduel de la ventilation. Ceci s'applique également aux parties enroulables des parois latérales et aux ouvertures qui peuvent s'ouvrir et se refermer de beaucoup ou de peu selon le besoin (voir Section 4.2 Ventilation).

- *Pendant la journée – Les conditions météorologiques vont maintenant jouer leur rôle en faisant diminuer de manière abrupte l'humidité de l'air alors que la température monte. Ensuite, il vous faudra plus d'aide : humidifier l'air de la serre ou la culture afin de faire monter l'humidité de l'air. Comment fixer les valeurs limite? Plus la température est élevée, plus les valeurs limite sont atteintes rapidement. Ainsi, avec une humidité de l'air de 40% et une température de 25°C il ferait aussi 'sec' qu'avec 60% d'humidité dans l'air à 30°. Une petite quantité d'eau d'arrosage, disons un demi litre par mètre carré ou moins, serait suffisante pour humidifier la culture. Même le fait de mouiller les allées entre les plantes serait suffisant. Il vous faudra utiliser le système d'arrosage lorsque les plantes sont encore jeunes et qu'elles n'ont pas encore atteint une couverture du sol complète. La transpiration de la culture contribue peu lorsque l'humidité de l'air augmente. Ce qui est plus difficile à régler c'est la ventilation lorsque le temps est variable avec des nuages. Sous ces conditions là, la température peut varier de 5° dans un laps de temps de 5 ou 10 minutes. Il est alors préférable de faire le suivi de la température à l'extérieur, et de réduire la ventilation au quart ou à la moitié de la capacité totale.*
- *Tard dans l'après-midi – la ventilation peut être effectuée graduellement à nouveau pendant l'après-midi et le soir.*
- *Nuit – S'il fait toujours chaud, il est conseillé de continuer à ventiler.*

Dans les climats où la chaleur persiste nuit après nuit, les portes et ouvrants devront être maintenus en position ouverte en permanence.

Même dans les tunnels les plus simples, il faut assurer le réglage du climat selon le besoin et au moment où c'est nécessaire. Faites très attention à la température aussi bien qu'à l'humidité de l'air. Souvent, on a tendance à commencer la ventilation trop tard dans la matinée parce qu'alors la température dans la serre n'est pas encore très élevée. Mais alors l'humidité peut monter rapidement, surtout si la culture est à maturité, ce qui conduirait à une culture humide qui est plus vulnérable aux maladies fongiques. Essayez aussi d'éviter de choquer les plantes par des changements brusques dans la température et l'humidité de l'air.

Les serres à capacités techniques plus avancées

Lorsque nous sommes à mesure d'ombrager et de chauffer les serres et les tunnels en plus de pouvoir les ventiler, nous avons des moyens plus avancés pour régler les conditions climatiques. Ces moyens vont nous permettre de mieux corriger la température si celle-ci est trop basse ou trop élevée. Investir dans ces moyens implique un équipement de suivi qui est plus onéreux. Il n'est pas possible de traiter toutes les possibilités disponibles en détail dans l'espace duquel nous disposons, pour cela, ci-suivent quelques remarques supplémentaires pour compléter ce qui a été avancé dans la Section 5.2.

L'objectif principal de chauffer une serre est d'obtenir la meilleure température possible pour la croissance de la culture. Pour cela, vous pouvez suivre les températures optimales pour la journée et pour la nuit qui s'appliquent à la culture en question. Dans le cas où il y a une ombrière on peut la refermer pendant les nuits froides pour économiser sur les frais de chauffage et pour protéger contre une élévation excessive de la température lorsque le soleil est au plus chaud. Au moment de produire de l'ombre, faites soigneusement attention à ne pas trop obstruer la ventilation.

Une température qui s'élève réduit l'humidité de l'air. Une humidité trop élevée peut donc être compensée avec un peu de chaleur. Ceci évite une infection fongique. Par ailleurs, le chauffage et la ventilation simultanée sont appliqués pour réduire l'humidité de l'air et stimuler l'évaporation pendant les périodes de temps maussade. Ceci conduit à une culture plus robuste et plus équilibrée.

Si vous avez à votre disposition des moyens de chauffage ainsi qu'un bon système de ventilation réglable, cela vaut le coup de connaître les exigences de la culture que vous pratiquez. Il est également à conseil-

ler de faire des échanges d'expériences avec d'autres serriculteurs. L'amélioration des standards de production ainsi que de la qualité sont après tout un intérêt commun de tous les cultivateurs. Ainsi, ne considérez pas vos collègues comme étant des concurrents, mais comme étant des semblables. Un bon équipement de suivi est indispensable. Une fois que vous aurez appris à bien régler le climat (et à prendre des mesures), l'utilisation d'un équipement de suivi automatique sera davantage à votre portée.
Plus il y a des aides pour influencer et gérer le climat à l'intérieur de la serre, plus les exigences sont accrues pour ce qui est de l'expertise du cultivateur. A part ses propres connaissances et expériences, l'aide venant des consultants, de concerter avec les collègues et l'appui offert par l'industrie en amont sont d'importance vitale. Investir dans des serres avec équipement n'a de sens que si vous avez accès à un appui adéquat (conseils et service) pour vous permettre de fournir un produit de haute qualité. Ceci vaut également pour les serres avec un système de refroidissement avec ventilateur et matelas d'évaporation.
La méthode de contrôle climatique la plus moderne et la plus onéreuse est une méthode qui utilise des capteurs reliés à un ordinateur avec des enregistrements en graphiques. Ceci offre des avantages énormes et constitue la base d'une gestion de climat automatique.

5.4 Réactions de la culture au réglage du climat

En général, la température et l'humidité de l'air à l'intérieur d'une serre sont plus élevées qu'à l'extérieur. Plus précisément, pour les cultures qui aiment la chaleur comme le poivron et le concombre, une température de nuit plus élevée est préférable. En plus, la plante profite de l'humidité de l'air qui est alors un peu plus élevée pendant la journée (il y a moins de pertes par transpiration qu'à l'extérieur) et donc il y a moins de stress qui a une influence négative sur la croissance des plantes. Le résultat est une croissance plus rapide, des feuilles plus grandes, plus de hauteur et une meilleure mise à fruits.
Une plante se refroidit elle-même par le biais de la transpiration. Lorsqu'il y a suffisamment d'eau que les racines peuvent utiliser pour

la transpiration, la température de la culture sera plus ou moins la même que celle de l'air environnant. Si l'assimilation de l'eau n'est pas optimale, la température de la plante sera clairement plus élevée que celle de son entourage, parfois même 5 – 10°C plus élevée. Ceci provoque des séquelles pour la plante. Protéger la culture avec une serre produira une culture plus saine : pas de séquelles de vent ni de pluies torrentielles, pas de lessivage de pesticides, ni des fertilisants.

6 Alimentation en eau et protection de la culture

6.1 Introduction

Puisque à l'intérieur d'une serre, l'eau de pluie n'a pas d'accès, il est extrêmement important que les cultures en serre aient une alimentation en eau propre. La quantité d'eau pourra être adaptée au besoin de la culture. Par ailleurs, une culture en serre est mieux protégée des influences extérieures. Le présent chapitre traite l'alimentation en eau et la protection de la culture en serre.

6.2 L'alimentation en eau et la fertilisation

Lorsque les plantes poussent en serre ils ne peuvent pas bénéficier directement de la pluie et donc ils devront être alimentés en eau de manière artificielle. Tout d'abord il est important de savoir combien d'eau il faut pour une culture spécifique. Ensuite, il faudra avoir une idée de la quantité d'eau qui peut être administrée à l'aide du système que vous employez. Dans ce qui suit, nous allons approfondir ces deux aspects.

Transpiration et évaporation

Les plantes utilisent 5 à 10 % de l'eau qu'ils assimilent pour leur croissance, le reste est nécessaire pour la transpiration. Les plantes transpirent pour se rafraîchir et pour favoriser le transport des minéraux que les racines ont absorbé. La quantité de transpiration est déterminée principalement par le soleil. D'autres facteurs qui jouent un rôle moins important sont la température, l'humidité de l'air, et la vitesse du vent.

A l'intérieur de la serre, l'intensité de la lumière est moins forte qu'à l'extérieur. A peu près les deux tiers de la lumière extérieure pénètrent dans la serre parce que le matériel de revêtement de la serre et l'ombre produite par les éléments de la structure limitent la transmission de la lumière. Pour ce qui est des autres facteurs, la vitesse du vent à

l'intérieur de la serre est bien plus basse qu'à l'extérieur et la température y est plus élevée. Par facilité, nous pouvons ignorer ces deux facteurs. Dans cette logique, le niveau de transpiration à l'intérieur de la serre représente les deux tiers de sa valeur à l'extérieur.
La transpiration ne se fait pas toujours de manière optimale. La transpiration est à cent pour cent lorsqu'une culture est mûre et que le sol est entièrement recouvert. Cependant, une culture en croissance ne transpire pas toujours tout son potentiel. Prenez par exemple la laitue, qui a une période de croissance de six semaines. La jeune culture transpire beaucoup moins que cent pour cent, mais des pertes d'eau s'effectuent aussi de manière directe par le sol exposé entre les plantules (évaporation). Les pertes d'eau totales peuvent être estimées (transpiration + évaporation) d'être 50 pour cent pendant les deux premières semaines. Lorsque la laitue est a mi maturité, les pertes d'eau totales pour deux semaines s'élèvent à 75 pour cent. Le plein 100 pour cent de transpiration + évaporation n'a lieu que pendant les deux dernières semaines de croissance. Un calcul similaire peut se faire pour d'autres cultures qui ont une autre façon de se développer.
Une indication du niveau de l'évaporation ayant lieu sous différents climats et selon les saisons peut être déduit à partir données figurant dans la Section 2.3 'l'évaporation potentielle'. Vous devrez continuer à prêter attention aux conditions météorologiques prédominantes avec les jours qui passent. En tenant compte du développement de la culture ainsi que de la période de culture il vous sera possible de faire une bonne estimation des besoins totaux en eau de la culture pour toute la période, et également des besoins maximums par jour. La superficie cultivable en une fois (superficie de la serre) pourra alors être estimée en se basant sur la capacité de la source d'eau et/ou de la capacité de stockage de l'eau.

Lessivage

Il existe une autre raison pour expliquer le besoin d'eau d'irrigation. Nous devrons lessiver le sol une fois la culture récoltée. Pendant la période de culture, des nutriments sont absorbés par les racines des plantes et des sels 'en trop', tels que le sodium, le chlorure d'azote (NaCl) et les sulfates se déposent. Lorsque l'eau s'évapore du sol, ces

sels en trop s'accumulent dans la couche arable, juste au niveau où se trouvent les racines. Si l'on n'enlève pas ces sels par le biais du lessivage, les plantes auront de plus en plus de mal à assimiler l'eau parce que le sol, petit à petit, deviendra salin. Il s'agit là d'un problème ancien dans bien des zones irriguées des climats chauds et arides, qui s'applique certainement aux cultures en serre. Une bonne quantité d'eau est nécessaire (200-300 mm, ce qui revient à 200-300 litres par mètre carré) pour un bon lessivage. Le lessivage sous entend que l'on s'assure du fait que l'eau contenant les sels est évacuée. Ceci implique qu'un système de drainage est essentiel, sauf s'il y a du sable grossier sous la couche arable, par le biais duquel il n'y a pas d'effets capillaires significatifs.

Le système d'irrigation doit également avoir suffisamment de capacité ainsi que de capacité d'alimentation et de stockage de l'eau pour permettre le lessivage du sol de la serre. Comme la culture en serre nécessite beaucoup d'eau d'irrigation, il serait sage d'assurer que l'eau de pluie tombant sur la serre ne soit pas gaspillée. Recueillir l'eau de pluie du toit de la serre par des gouttières pour la stocker dans un bassin attenant aura donc beaucoup de valeur.

Vous pourriez utiliser un film plastique pour revêtir les bassins où sera recueillie l'eau de pluie. Dans beaucoup de pays, les cultivateurs profitent le plus possible de l'eau de pluie qu'ils stockent dans des bassins. Après tout, cette eau est de bonne qualité et la qualité de l'eau est extrêmement importante. Les cultivateurs sont avantagés lorsqu'ils utilisent de l'eau qui contient peu de sels en solution puisque ainsi il faut moins d'eau pour le lessivage du sol.

La concentration en sels est exprimée en CE (conductivité électrique) et se mesure avec un CE mètre simple. Une CE élevée indique un taux de sels élevé. La qualité de l'eau a la première priorité parce que les cultures réagissent à la plus faible teneur en sels, qui provoque une réduction de productivité. Le Tableau 4 indique la tolérance aux sels dans la couche arable pour différentes cultures.

Ce qui a également de l'importance, c'est la connaissance de la valeur d'acidité de l'eau, exprimée en pH de l'eau. Si le pH est en-dessous de 7, l'eau est acide; s'il est au-dessus de 7, l'eau est alcaline (pH 7 =

neutre). Les plantes se portent le mieux lorsque le pH se situe entre 6 et 7. Vous pouvez mesurer ceci avec un pH-mètre.

Tableau 4 : Tolérance aux sels relative dans la zone d'enracinement pour des cultures en champ libre

Haute tolérance CE x 10,000 = 12	Tolérance Modérée CE x 10,000 = 10	Basse tolérance CE x 10,000 = 4
Betteraves Asperges Epinards	Tomates Brocoli Chou Poivron Chou-fleur Maïs Pommes de terre Carottes Oignons Pois Citrouille Concombre	Radis Céleri Haricots
CE x 10,000 = 10	CE x 10,000 = 4	CE x 10,000 = 3

(Source : Saline and Alkaline Soils. USDA Agricultural Handbook No 60. pp 67, 1954)

Taux de haute tolérance : CE = 12 - 10
Taux de tolérance modérée : CE = 10 - 4
Taux de basse tolérance : CE = 4 - 3

6.3 Méthodes pour alimenter la culture en eau

Les méthodes utilisées pour alimenter en eau une culture en plein champ sont également appliquées dans les serres. Il vous faudra une méthode d'irrigation qui est fiable et qui répand l'eau de manière uniforme. Ci-dessous il y a quelques options :

- La méthode qui est de loin la plus simple, consiste à faire ruisseler l'eau dans des canaux ou sur des parcelles planes entourées de petites digues. Assurez vous que l'eau soit répandue uniformément.
- Pour les cultures qui poussent en lignes, vous pourriez utiliser des tuyaux en film PE noir qui sont percés de petits trous de 2 millimètres environ. Le terrain doit alors être plat ou pourra avoir une pente légère vers la fin des tuyaux. La longueur du tuyau pourra atteindre 20 à 30 mètres. La pression de l'eau devra être de 0.2 ato (2m) environ.
- L'arrosage par aspersion avec des tuyaux permanents est une méthode très répandue dans les serres. Les tuyaux pourront être placés en-dessous de la culture, ce qui est surtout une bonne idée dans les climats où l'humidité de l'air est élevée. Ainsi, les plantes ne se mouillent pas, et il y aura moins de risques de contamination fongique, vous pourriez également irriguer les cultures en ligne par bandes et garder au sec les allées pour y marcher. Mais dans la plupart des cas, les tuyaux sont installés au-dessus de la culture. Pour s'assurer que les plantes ne restent pas mouillées pendant la nuit, l'irrigation devra avoir lieu dans la matinée. Le système d'arrosage par aspersion peut également servir pour humidifier la culture lorsqu'il fait soleil et qu'il fait très sec, produisant ainsi un effet de refroidissement, ce qui augmente l'humidité relative de l'air et réduit la transpiration.
- L'irrigation par goutte à goutte se répand rapidement dans la culture en serre. Par cette méthode, les plantes reçoivent de l'eau individuellement. Le terrain doit être plat et l'eau propre, parce que les petites ouvertures pour les gouttes ne doivent pas s'obstruer. Il est fort souhaitable d'introduire un bon filtre au niveau où l'eau entre dans le système. Beaucoup de systèmes d'irrigation au goutte à goutte opèrent avec une basse pression de l'eau, par exemple une colonne d'eau de 1 ou 2 mètres. Ceci peut se faire de manière peu coûteuse pour un système réduit, à l'aide d'un flotteur de WC au commencement des tuyaux principaux. Normalement, des fertilisants à dosage correct sont administrés lorsqu'on pratique l'irrigation au goutte à goutte (fertigation). Contrairement aux méthodes d'irrigation par aspersion ou par ruissellement, vous pourriez

économiser 30-70% de votre eau en appliquant l'irrigation au goutte à goutte, surtout dans les climats très secs. Vérifiez la capacité de vos émetteurs d'eau (goutteurs, asperseurs) une fois votre système d'irrigation installé.

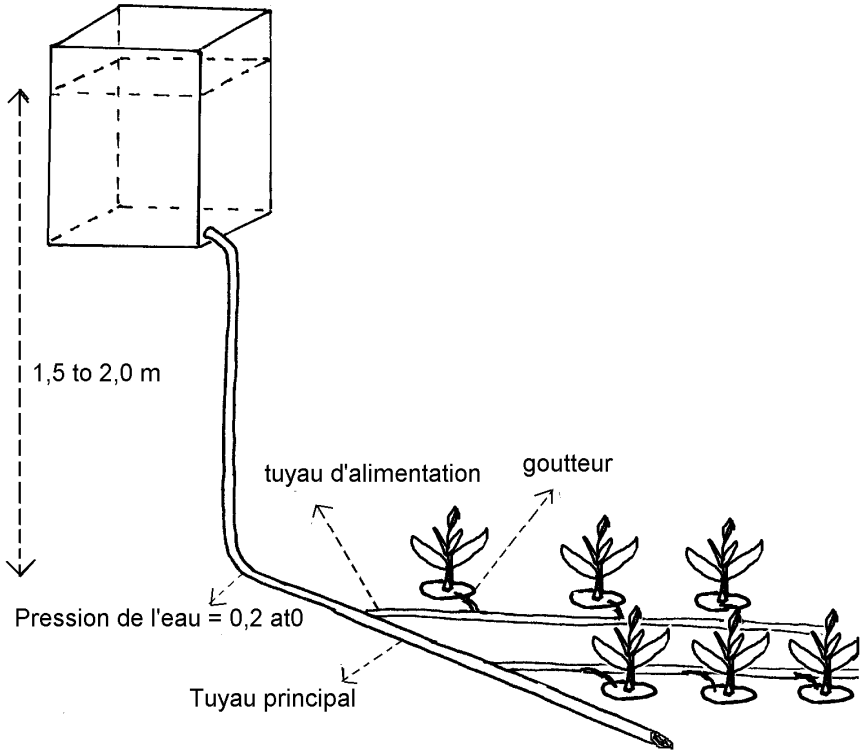


Figure 23 : Système d'irrigation au goutte à goutte (schéma)

Vérifiez que la quantité d'eau écoulant des tuyaux est la même aux deux extrémités des tuyaux, si ce n'est pas le cas essayez d'ajuster cela en utilisant d'autres orifices d'écoulement. Contrôlez régulièrement pour voir s'il n'y a pas d'obstructions dans le système, le cas échéant remédiez tout de suite la situation.

L'alimentation en eau de la serre demande beaucoup d'attention. En tant que cultivateur, vous pouvez rendre vous-même cette alimentation optimale. Vous devrez établir quand irriguer et quelle est la quantité d'eau nécessaire pour accommoder les conditions climatiques et le développement de la culture. Déterminez auparavant la capacité du système d'irrigation et contrôlez régulièrement s'il y a des anomalies. Vérifiez de temps en temps à l'aide d'une tarière si toute la couche d'enracinement est humide après une séance d'irrigation.

6.4 Soins phytosanitaires

Cela vaut la peine de mentionner encore et encore qu'afin d'obtenir une culture en serre de haute qualité, vous devez faire très attention à la qualité du matériel que vous utilisez. En particulier la prévention des maladies mérite une attention supplémentaire. C'est la raison pour laquelle il est conseillable de désinfecter les chaussures à l'entrée de la serre. Il est donc pratique de placer un bac parterre contenant une natte trempée dans un désinfectant liquide. Par ailleurs, lorsque la culture est plantée en lignes dans la longueur de la serre, certaines activités liées aux soins phytosanitaires pourront s'effectuer de manière plus facile. L'équipement de traitement pourra alors être transporté par chariot, l'aspersion se fera en tirant le chariot le long du chemin.

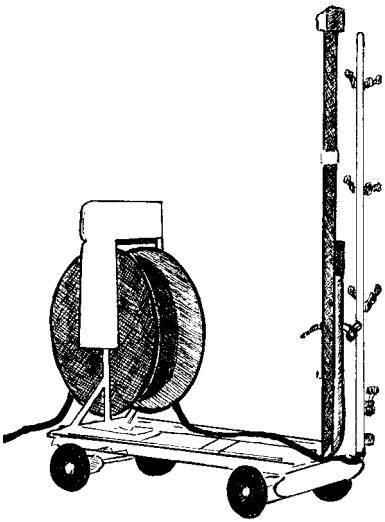


Figure 24 : Chariot pour le transport de l'équipement de brumisation. Source : Royal Brinkman NL

S'il y a des tuyaux de chauffage, ils peuvent servir en tant que rails (voir également la Figure 21). Il est bien plus efficace de lutter contre les maladies et les fléaux avec des agents biologiques dans l'espace refermé à l'intérieur d'une serre que dans des champs ouverts. Des

parasites d'insectes nocifs ou des mycoses parasitiques peuvent être introduits afin de lutter contre les mycoses qui nuisent aux plantes (traitement biologique). C'est la raison pour laquelle les cultures en serre peuvent être considérées comme nuisant moins à l'environnement que les cultures extérieures.

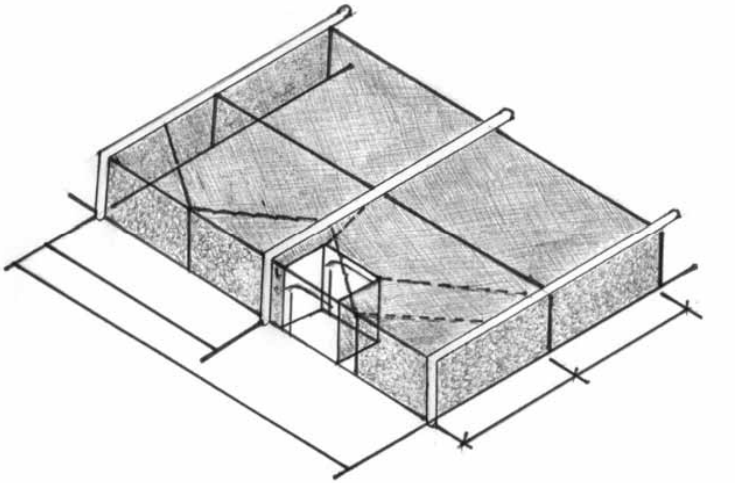


Figure 25 : Pépinière dans une petite serre libre d'insectes avec vanne à l'entrée (Rovero)

Finalement, il est également possible d'utiliser des gaz insecticides pour protéger la culture à l'intérieur de la serre, à condition qu'il soit possible de bien fermer la serre et que les conditions météorologiques soient calmes. Soyez très prudent, vu les risques pour les humains et les animaux !

Lorsque vous propagez des jeunes plants, il est d'importance extrême de se rendre compte des infections causées par des porteurs de maladies (virales), comme par exemple les pucerons. La protection des pépinières à l'aide de filets anti-insectes fonctionne bien et différents types de filets sont disponibles sur le marché à cette fin.

6.5 Espaces pour le stockage et la conservation

Vous avez besoin d'espace pour le stockage sûr de votre matériel. En particulier, les agents de protection des plantes doivent être stockés de manière à ne pas pouvoir tomber entre de mauvaises mains. Les fertilisants et le terreau doivent être convenablement protégés contre la pluie et le lessivage. Vous outils et vos machines qui sont tout aussi importants nécessitent également une bonne protection.

Pour sauvegarder la qualité des produits récoltés, il faut s'assurer qu'ils soient protégés du soleil et du vent pour éviter qu'ils se dessèchent. La manière la plus simple est de disposer d'un espace où le refroidissement par ventilateur et matelas d'évaporation peut être appliqué (voir également la Section 5.2 sur le refroidissement). Pour ceux qui sont à mesure de se l'offrir, il existe des chambres froides à cette fin. La préservation de la qualité de votre produit se traduit directement en un meilleur prix, et après tout vous avez déjà encouru les frais nécessaires dans ce but.

6.6 Instruments et outils nécessaires

Instrument pour la météorologie (pluie) :

- Un pluviomètre standard pour les mesures quotidiennes. Il consiste en une partie supérieure avec entonnoir, une partie inférieure où l'eau est recueillie avec vase de mesure ayant une capacité suffisante jusqu'à 10 mm de pluie.

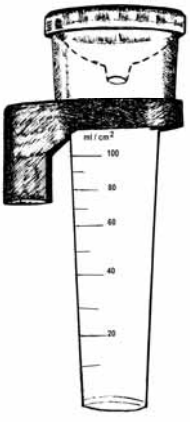


Figure 26 : Pluviomètre

Instruments pour la météorologie (température) :

- Des thermomètres sont disponibles pour mesurer la température. Cependant, un thermomètre maximum/ minimum (voir Figure 27) serait très utile pour obtenir une meilleure notion de la variation de la température au cours d'une journée. Vous pourrez alors relever les températures maximum et minimum atteints dans la période précédente puis remettre le niveau à zéro.

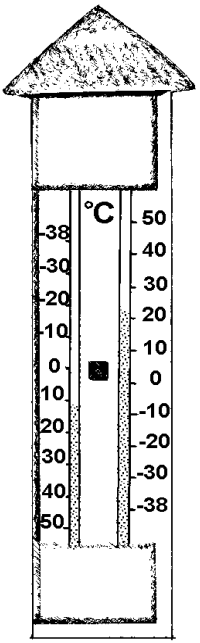


Figure 27 : Thermomètre maximum/ minimum

- L'humidité de l'air se mesure à l'aide d'un psychromètre. Cet instrument consiste de deux thermomètres l'un desquels a un réservoir recouvert d'une mousseline humide. Chaque jour, il faudra imbiber la mousseline d'eau propre. Le refroidissement par évaporation du réservoir mouillé est proportionnel à la baisse du taux d'humidité de l'air. Vous pourrez déterminer l'humidité de l'air (HR) à l'aide d'un tableau.
- Un appareil très pratique et quelque peu plus onéreux est le thermohygrographe. Celui-ci enregistre la température et l'humidité de l'air de manière continue pendant toute une semaine sur des bandes à diagrammes spéciales. Cet appareil doit être contrôlé (calibré) régulièrement (une fois par an) pour des mesures précises.

L'équipement qui permet de mesurer ces données doit être installé de manière à éviter le soleil direct. La meilleure solution est de le placer dans un abri météorologique. Il s'agit d'une boite avec des côtés en lamelles qui sont inclinées de manière à éviter que les rayons du soleil n'y pénètrent. La boite est installée à une hauteur d'environ 1.50 mètres au dessus du sol.

Instruments pour l'étude de la qualité du sol :

- Tarière Edelman. Une tarière Edelman simple, d'une pièce et avec un diamètre de 7 centimètres. Cet instrument est utilisé pour prendre des échantillons de sol jusqu'à une profondeur d'un mètre. Il est également utilisé pour déterminer la profondeur de la nappe phréatique, qui peut influencer l'enracinement des plantes. Il existe différents types de cet instrument appropriés aux différents types de sol.
- Tarière manuelle à échantillons. Ceci est pratique pour prendre des échantillons jusqu'à un demi mètre de profondeur.

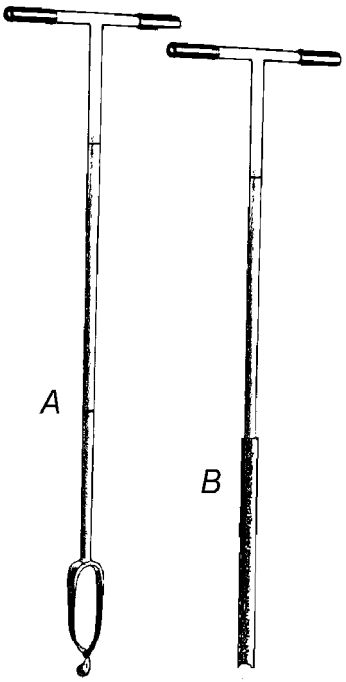


Figure 28 : Tarière Edelman (A) et tarière manuelle à échantillons pour une profondeur de 0.5 mètre (B)

Mesurer l'humidité de l'air :

- Thermohygrographe ; muni d'un bilame métallique pour mesurer la température et d'une mèche de cheveux comme capteur de l'humidité. L'intervalle de mesure est 0 – 100 % pour l'humidité relative et l'intervalle standard pour la température va de –20 à + 40 °Celsius. Cet instrument enregistre la température et l'humidité de manière continue pendant toute une semaine sur des bandes spéciales de diagramme. Pour garantir des données correctes, l'appareil doit être contrôlé régulièrement.

Instruments d'arpentage :

- Niveau à main. Instrument simple pour la détermination rapide des angles d'élévations ou des dépressions. Particulièrement approprié aux mesures topographiques préliminaires de section transversale et de clinométrie.

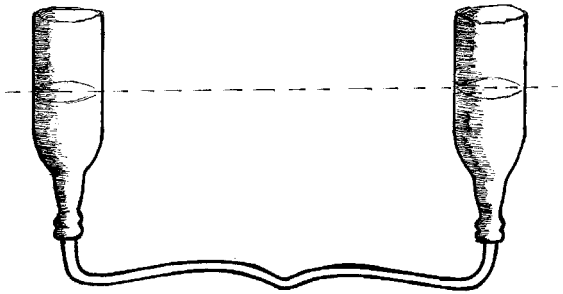


Figure 29 : Niveau à main fait de bouteilles en plastique sans fond

Equipement pour les diagnostics agricoles

- pH-mètre numérique pour mesurer le degré d'acidité d'un échantillon d'eau ou de sol. En général, les cultures croissent le mieux dans un environnement où les valeurs du pH varient entre 6 et 7. L'intervalle de mesure va de 0 à 14.
- Un CE mètre numérique avec électrode accompagnante pour mesurer le taux en sels nocifs dans une solution extraite du sol ou dans l'eau d'irrigation. Cet instrument mesure de manière rapide et précise les concentrations en sels. Il y a trois intervalles de mesure; 0.1 à 1.0; 1.0 à 10.0; 10.0 à 20.0 µS/cm (micro Siemens par cm).

7 Choix de la culture, soins, main d'œuvre et rendement

7.1 Introduction

Ce chapitre contient des indications générales pour sélectionner les cultures qui peuvent être cultivées dans les différents types de serres et sous film plastique. Il traite également les aspects les plus importants relatifs aux pratiques agricoles des différentes cultures. Nous supposerons que quelqu'un qui choisit de pratiquer la culture sous serre a déjà beaucoup d'expériences dans le domaine de la culture maraîchère. Des nouvelles cultures peuvent parfois paraître sur le marché grâce à la culture en serre.

7.2 Les cultures pour les différents types de serres

Dans ce qui suit, des exemples sont donnés de cultures appropriées aux différents types de serres décrits dans le Chapitre 3. Il nous faudra également distinguer entre les plantes basses et celles qui croissent en hauteur, puisque ces dernières nécessiteront toujours davantage d'espace.

Les cultures sous film plastique

Les cultures basses sont les seules qui pourront êtres élevées simplement sous un film plastique et non celles qui poussent plus en hauteur. Des exemples sont : les laitues et les fraises qui sont recouvertes dans les zones où les nuits sont froides, pour une période de temps variable selon la durée du froid.

Ensuite il y a les asperges blanches. Le film plastique retient la chaleur et ralentit le refroidissement, ce qui favorise un bourgeonnement précoce des pousses. Du plastique noir-blanc est généralement utilisé pour permettre une récolte continue des pousses mûres telles que les asperges blanches. Les films plastiques sont enlevés temporairement au moment de la récolte. Lorsque la période de récolte des pousses a

terminée, les tiges sont laissées en croissance libre pour que la photosynthèse permette de faire suffisamment de réserves dans les racines pour que la plante puisse se développer et devenir robuste.

Les cultures dans des structures basses et les tunnels bas

Exemples : laitue, navet, radis, betterave, chou de chine et paksoi. Ils n'ont pas besoin de beaucoup d'espace. Grâce à l'espace libre entre le sol et le plastique dans ce type de structure, les plantes plus hautes comme les fraises, les variétés de tomates basses, les poivrons, les aubergines et les piments peuvent y pousser également. Le choix de la culture dépend uniquement de la hauteur optimale pour la plante.

Les cultures pour les tunnels, les serres simples, les serres multi-chapelles et les serres hautes

Les tunnels, les bi-tunnels ou les serres multi-chapelles sont assez élevés pour permettre la culture de tout l'assortiment des légumes. Les différentes variétés de fleurs des régions montagneuses d'Afrique et de l'Amérique du sud peuvent également être cultivées dans ce genre de serre.

L'avantage des serres hautes est une distribution de chaleur propice car il y a suffisamment d'espace à l'intérieur pour une bonne circulation de l'air. La question de la gestion du climat se fait plus facilement ici. Ces serres sont utilisées pour les cultures qui poussent en hauteur comme les tomates, les aubergines et les concombres. Ce sont des cultures qui peuvent facilement atteindre une hauteur de plus de deux mètres et elles sont soutenues par des cordes attachées à des fils horizontaux en hauteur. Ces fils sont attachés à la structure de la serre.

Les cultures pour les abris d'ombre

La protection des cultures à l'aide des abris d'ombre se pratique surtout dans les régions très ensoleillées où les cultures ont besoin d'ombre. Dans les régions (semi-) arides, ces serres sont utilisées entre autres pour la culture des fleurs. Dans les régions tropicales, elles sont appropriées pour la culture des orchidées.

7.3 Entretien de la culture

Dans cette section une esquisse est faite expliquant les principaux aspects de l'entretien des plantes. Après tout, cet Agrodok, vise la distribution des informations concernant les différents types de serres et toutes les conditions requises pour pouvoir y cultiver des plantes.

Graines, semis et transplantation

Il est d'importance vitale que les serriculteurs– qui ont déjà investi dans tout l'équipement nécessaire – emploient également les graines de la meilleure qualité qu'ils peuvent trouver sur le marché. Les producteurs de bonne réputation sont personnellement intéressés dans la production de graines pour la semence qui sont de qualité uniforme et qui ont une capacité supérieure de germination. Ces graines sont souvent produites de manière à être résistantes à certaines maladies ou fléaux et reviennent généralement à des graines hybrides que le cultivateur ne pourra pas reproduire.
Le cultivateur en serre sèmera les graines dans des semoirs et après la sélection nécessaire il les empotera individuellement jusqu'au moment où ils seront transplantés à leur emplacement final. Il est essentiel que tout ceci ait lieu avec les soins les plus délicats, parce que le succès de la culture en dépend largement. C'est pourquoi le sol dans lequel pousseront les plantes ne devra pas contenir de pathogènes et devra être désinfecté au nécessaire. Il faudra prendre bien soin de veiller à ce que les plants restent libres de pucerons. C'est la raison pour laquelle il est important de s'assurer que les ouvertures de ventilation des zones de pépinière soient munies de filets anti-insectes. Toute plante contaminée devra être enlevée immédiatement.

Préparation du sol

Lorsque vous cultivez la terre, souvenez-vous toujours du fait que les plantes nécessitent une terre bien aérée pour un drainage aisé. La stagnation d'eau doit être évitée à tout prix. Les plantes poussent le mieux si leurs racines sont dans un environnement qui consiste d'un tiers de terre, d'un tiers d'air et d'un tiers d'eau. La préparation de la terre ne devra pas poser de problèmes à un producteur qui a de l'expérience.

Fertilisation

Au moment de préparer la terre, il est conseillable d'y introduire directement des fertilisants, qu'ils soient d'origine organique ou non organique.

Les fertilisants organiques sont de bonne qualité lorsqu'ils contiennent du matériel bien décomposé pour que les bactéries aient peu de chances de fixer l'azote, libérant ainsi l'azote pour les plantes. *Les fertilisants non organiques* peuvent être administrés comme des fertilisants simples ou composés. Il existe également des *fertilisants liquides* sur le marché qui se mélangent facilement à l'eau d'irrigation (fertigation).

Il y a trois éléments principaux, il s'agit de, l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K).

- Beaucoup de fertilisants contiennent également du magnésium (Mg).
- Des éléments secondaires tels que le sulfate (SO4) et le calcium (Ca) se trouvent également dans les fertilisants chimiques, tout comme le bore (B), le manganèse (Mn), le cuivre (Cu), le zinc (Zn) et le molybdène (Mo).

Les éléments mentionnés ci-dessus sont indiqués sur l'emballage en pourcentages du poids. Par exemple : 20-10-15-4 indique que le fertilisant contient 20% d'azote, 10% de phosphore, 15% de potassium et 4% de magnésium. Le reste du poids est provoqué par des substances tampon qui contiennent également du calcium et du sulfate. La plupart des fertilisants sont disponibles en granulés. L'avantage des pourcentages plus élevés est le coût réduit pour le transport.

En général, les fertilisants chimiques contiennent beaucoup de sulfate, et parfois également de la chlorure (Cl). Ce dernier élément pourrait s'accumuler rapidement dans le sol des serres et provoquer un important retard de croissance qui serait nocif pour les plantes. C'est pourquoi il faut être très exigeant en ce qui concerne les fertilisants utilisés pour la culture en serre. Une qualité dite d'horticulture est appliquée. Cette question est surtout très délicate pour les cultures sensibles au sel cultivées dans des substrats et pour les plantes en pots.

La quantité de fertilisants à utiliser dépend grandement de la fertilité du sol. Au début du cycle de croissance, on utilise peu de fertilisants artificiels. Les cultures de fruits comme les tomates reçoivent un peu plus de potassium après environ trois semaines et jusqu'à la première cueillette pour favoriser la fermeté des fruits. Plus tard, on leur applique de l'azote supplémentaire lorsque les plants sont chargés lourdement de fruits et que la croissance végétative est retardée.
Nous sommes incapables de vous donner dans la présente un conseil clair sans ambiguïté. Nous vous conseillons de demander conseil à des laboratoires d'analyse de la région ou à l'étranger (voir l'annexe pour une liste des instituts qui donnent conseil). Ces derniers pourront faire des analyses du sol et de l'eau et, en se basant là-dessus, vous conseiller une application de fertilisants appropriée.

La transplantation dans des parterres à l'extérieur

La transplantation dans le cadre de la culture en plein champ se fait dans des trous faits au préalable pour les plants. La plantation en tant que telle ne présentera pas de problèmes pour un producteur qui a de l'expérience. Chaque culture a ses propres exigences, qui ne seront pas décrites ici.

Suivi quotidien

La gestion du climat de la serre demande une attention quotidienne. Ceci fut traité de manière extensive dans les chapitres précédents. L'alimentation en eau de la culture dépend grandement des changements météorologiques ; la quantité d'eau d'irrigation dépend également de la phase de croissance dans laquelle se trouve la culture. En général, l'arrosage ne devra pas être effectué trop tard dans la journée pour éviter que les plantes soient mouillées pendant la nuit.
Ce qui est extrêmement important est de contrôler les plantes très régulièrement afin de prévenir les maladies et les fléaux d'affecter la culture. Tant qu'une contamination reste locale, la vérification des maladies peut se limiter à ces endroits spécifiques. Ceci limite les frais, la main d'œuvre et l'impact sur l'environnement. La toxicité des agents utilisés peut provoquer des problèmes de santé pour l'ouvrier

agricole. Soyez-en conscient et employez des vêtements ainsi qu'un équipement de protection.

L'agriculture: le support et le désherbage

Les plantes ont besoin de soins attentifs, que ce soit des cultures basses ou des plantes qui poussent en hauteur. Le contrôle des mauvaises herbes est nécessaire pour éviter autant que possible la compétition au niveau des racines et de la lumière. Les plantes hautes, comme les tomates, les aubergines, les melons et les concombres doivent être soutenues convenablement à l'aide de cordes ou de ficelles.
Il faudra également enlever les vieilles feuilles de ces plantes, préférablement en les coupant proche de la tige. Laissez les feuilles vertes sur la plante, surtout dans les premières phases du cycle de croissance. Moins de feuilles implique moins de photosynthèse. Lorsque les plantes sont plus espacées, les feuilles restent vertes pendant plus longtemps et peuvent rester plus longtemps sur la plante.
Si vous cultivez des tomates, n'oubliez pas d'enlever les pousses (bourgeons axillaires), activité hebdomadaire dans la première phase de croissance. Ceci s'effectue au même moment de tourner le haut des tiges autour des supports. Les pousses latérales qui sont trop grandes devront être coupées avec un couteau aiguisé.

Récolte, qualité et sélection, emballage et transport

La récolte devra se faire avec soin et avec précautions pour assurer autant que possible le maintient de la qualité. Un produit propre et uniforme de bonne qualité sera récompensé par le prix le plus élevé. Ne laissez pas la récolte au soleil pendant trop longtemps et stockez la dans un endroit frais si possible, par exemple dans un entrepôt.
Si les plantes sont cultivées en rangées, le travail de récolte peut être allégé en utilisant un chariot pour soutenir un conteneur semblable à celui utilisé pour le traitement phytosanitaire (voir section 6.4).
Un emballage permet de sauvegarder la qualité du produit. Naturellement, il vous faudra des conteneurs spéciaux, des boites en carton ou en plastique, surtout si les produits devront être transporté sur de longues distances. Le transport ne devrait pas être autorisé à avoir un effet négatif sur la qualité.

7.4 Intensité du travail

Vous devrez tenir compte du fait que la culture des légumes est une activité qui demande beaucoup de main d'oeuvre, elle peut demander 800 jours de travail par hectare par saison de croissance, et ceci n'est pas une exagération. Certaines cultures demandent même davantage de travail, selon la période de temps qu'ils restent dans une serre. Les chiffres annuels sont plus élevés pour les exploitations où l'on cultive plus qu'une culture par an.

Ci-dessous, vous trouverez un aperçu des étapes à suivre pour produire une culture.

Dans la pépinière :
- Préparation des parterres
- Semer
- Préparation de la terre pour l'empotage
- Transplantation dans des pots en papier ou d'autres types de conteneurs
- Transition aux tables de pépinière/parterres de pépinière
- Entretien et soins phytosanitaires
- Contrôle des maladies / fléaux

Dans les serres :
- Préparation de la terre
- Fertilisation
- Nivellement
- Plantation
- Irrigation, et engrais de surface
- Entretien et soins de la culture
- Contrôle de maladies et de fléaux
- Récolte, sélection, emballage, transport

Il peut y avoir des différences énormes dans l'intensité de la main d'oeuvre requise par différentes cultures. L'ampleur de l'exploitation détermine si la main d'oeuvre disponible dans la famille est suffisante pour assurer tout le travail. Souvent, des périodes de pointe dans le

besoin de main d'oeuvre rendent nécessaire de faire appel à une assistance externe. Au moment de mettre en place une grande exploitation, la main d'oeuvre supplémentaire devra être prise en compte dès le départ. Le serriculteur aura besoin de faire appel aux budgets de culture qui existent dans sa région pour cette fin.

7.5 Chiffre d'affaires

L'exploitation de serres, de bâtiments et de machines implique également la prise en compte du fait que les bénéfices nets devront également couvrir tous les débits, les intérêts sur les capitaux empruntés, les frais de main d'œuvre, les frais des réquisitions de production ainsi que le loyer et les baux. Il va donc de soi de commencer avec des serres simples qui nécessitent peu d'investissements et de choisir des cultures qui ont une bonne valeur de marché et une bonne performance.
Il est d'importance primordiale que la comptabilité montre clairement quels sont les passifs fixes et que vous mettiez suffisamment d'argent de côté pour couvrir les débits nécessaires. Une fois ceci réglé, et que tout sera amorti, il restera suffisamment de capital disponible pour faire de nouveaux investissements.
Lorsqu'un producteur décide d'investir dans des améliorations de son système de production, il devra également s'assurer que son revenu augmentera de manière adéquate. Il faudra veiller à ce que l'investissement conduise à une amélioration de la valeur de marché des produits.

La règle d'or pour le serriculteur est de commencer à petite échelle, d'acquérir de l'expérience et de ne considérer une expansion de son entreprise et des investissements plus poussés que par après.

Ainsi les choses se sont faites tout au cours de l'histoire de la serriculture. L'expérience a montré que les petites exploitations se transforment en des grandes. Malheureusement, il existe également des exemples d'exploitations qui étaient trop grandes au moment de leurs

débuts et qui ont rapidement fait faillite pour avoir des notions erronées au sujet des revenus et des frais. Comme la culture en serre a toujours impliqué davantage d'investissements, le serriculteur devra toujours peser le pour et le contre de manière minutieuse et avec soin avant de commencer.

Annexe : Tableaux des climats

Tableau 5 : Pluviométrie mensuelle moyenne en millimètres de quelques stations météorologiques dans le monde

Mois	Aéro-port Lod Israël	Quito Ecua-teur	New Delhi Inde	Nairobi Kenya	Chiang-mai Thaï-lande	Ban-dung Indo-nésie
Jan	144	114	22	88	8	137
Fev	113	127	19	70	7	180
Mar	65	150	13	96	16	248
Avr	21	171	7	155	45	225
Mai	4	122	13	189	146	160
Juin	0	47	67	29	137	59
Juil	0	20	202	17	169	30
Août	0	23	197	20	222	25
Sept	0	77	123	34	270	78
Oct	26	125	18	64	143	174
Nov	69	108	2	189	40	222
Dec	162	101	9	115	14	203
Total	604	1185	692	1066	1217	1741

(Source : FAO, 1992 AMDASS, Agro Meteorological Data System. FAT Agroclimatic databases FAO Rome)

Les chiffres de pluviométrie des régions arides et des régions humides provenant des six stations météorologiques ci-dessus montrent des valeurs qui ont de grands écarts. L'aéroport de Lod connaît quatre mois de temps tout à fait sec et peu de pluie pour le reste de l'année. Ici, il est extrêmement important d'économiser l'eau. A New Delhi, la situation est comparable. A Chiangmai et à Bandung, les gens seront plutôt préoccupés par un excès d'eau. La pluviométrie varie d'année à année. Les extrêmes, qu'ils soient vers le haut ou vers le bas peuvent

conduire à des problèmes. C'est pourquoi nous devons accorder une attention supplémentaire au drainage des excès d'eau pendant les années extrêmement humides. Et, pendant les années extrêmement arides, le stockage d'eau supplémentaire pour l'irrigation est essentiel. Les données des années extrêmes de Chiangmai peuvent servir pour illustrer ceci (Tableau 6).

Tableau 6 : Extrême maximum, moyenne et extrême minimum de la pluviométrie de Chiangmai en millimètres

Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Total
95	88	84	139	441	347	405	526	592	345	160	85	3407
8	7	16	45	146	137	169	222	270	143	40	14	1217
0	0	0	2	7	32	54	75	36	7	0	0	231
(Source : UN Atlas of the lower Mekong-Basin, 1968)												

Le tableau ci-dessus indique les extrêmes sur les années de pluviométries. Pendant les années extrêmement humides, faites particulièrement attention au drainage des excès d'eau. Le stockage de l'eau d'irrigation est essentiel pour les années extrêmement arides.

Tableau 7 : Moyennes des températures maximum et minimum en °C de différents endroits

Lieux	**Aéroport Lod**		**Quito**		**New Delhi**		**Nairobi**		**Bandung**	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Jan	18	8	22	8	21	7	25	11	29	17
Fev	19	7	22	8	24	10	26	11	29	17
Mars	20	8	22	8	30	15	26	13	30	17
Avr	24	10	21	8	36	21	24	14	30	17
Mai	29	14	21	8	41	27	23	13	30	16
Juin	30	17	22	7	40	29	22	11	30	15
Juil	32	19	22	7	35	27	21	9	29	14
Août	32	20	23	7	34	26	22	10	30	14
Sep	31	19	23	7	34	25	24	10	30	15
Oct	29	16	22	8	33	19	25	12	31	16
Nov	26	13	22	7	29	12	23	13	30	16
Dec	20	9	23	8	23	8	23	13	31	17

Dans la plupart des pays subtropicaux, comme par exemple la zone côtière d'Israël (aéroport de Lod), certaines cultures apprécieraient un peu de chauffage supplémentaire pendant l'hiver. Dans les régions montagneuses des pays tropicaux, comme par exemple à Quito, il est conseillé de chauffer durant la nuit tout au long de l'année, ceci vaut probablement aussi pour les régions montagneuses du Kenya. A New Delhi, au contraire, les températures d'été sont très élevées. L'utilisation d'ombrières et de systèmes de refroidissement devient alors nécessaire – dans la mesure où ceci serait rentable. A Bandung (climat tropical semi aride) des restrictions existent seulement pour les cultures nécessitant une température relativement basse.

Tableau 8 : Moyennes des heures d'ensoleillement en heures par jour au niveau de quelques stations météorologiques du monde

Lieu **Mois**	**Aéroport Lod Israël 32°lat. N**	**Quito Equateur 0.09° lat. S**	**New Delhi Inde 28.35° lat. N**	**Nairobi Kenya 1.18° lat. S**	**Bandung Indonésie 6.53° lat. S**
Jan	5.88	5.76	7.59	8.80	6.42
Fev	6.81	5.52	8.66	9.27	6.48
Mars	7.43	4.08	8.15	8.64	6.74
Avr	8.95	4.44	9.25	7.18	6.88
Mai	10.79	4.56	9.53	5.85	7.25
Juin	11.97	5.16	7.45	5.85	7.56
Juil	11.81	5.64	6.40	4.30	8.51
Août	11.31	7.32	6.37	4.19	8.72
Sep	9.51	5.64	7.54	5.76	8.14
Oct	8.93	5.64	8.81	7.10	7.19
Nov	7.65	6.00	9.19	6.87	6.77
Dec	5.95	5.52	8.16	7.96	6.44

A l'aéroport de Lod, Les journées plus longues des étés secs ont clairement un effet positif sur le nombre d'heures d'ensoleillement, alors qu'à New Delhi le nombre d'heures d'ensoleillement est quelque peu limité par les nuages pendant la mousson d'été. Dans les trois autres stations situées à proximité de l'équateur, les différences sont dues principalement aux tendances d'enchaînements saisonniers des nuages et de la pluie.

Tableau 9 : Moyennes de l'humidité de l'air en % HR de certains endroits dans le monde

Mois / Lieu	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Aéroport Lod	69	73	74	72	66	68	68	70	68	64	64	71
Quito	70	71	71	74	73	67	61	57	62	69	69	69
New Delhi	55	46	36	25	25	38	64	70	61	46	39	49
Nairobi	69	65	68	73	77	73	76	72	69	64	74	74
Bandung	75	75	76	78	78	77	75	71	68	72	76	73

Les valeurs moyennes de l'humidité de l'air ne donnent qu'une indication globale. En général, l'HR est la plus élevée tôt le matin et la plus basse à midi. Il s'agit là des moments cruciaux pour le suivi des conditions climatiques à l'intérieur de la serre. Dans le tableau il n'y a que New Delhi qui ressort vu la valeur extrêmement basse de l'humidité de l'air pendant les mois d'été. Dans ces circonstances, à midi, il doit y avoir des problèmes qui font que le refroidissement actif est essentiel pour cultiver avec succès. Ceci s'applique surtout aux régions subtropicales semi désertiques.

Tableau 10 : Evaporation potentielle (Eo) en millimètres par jour de certaines stations météorologiques du monde

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Aéroport Lod	1.6	2.2	3.2	4.6	6.6	7.4	7.4	6.8	5.2	3.7	2.5	1.6
Quito	3.9	4.1	3.9	3.8	3.7	3.7	4.0	4.7	4.4	4.2	4.0	3.8
New Delhi	2.4	3.5	5.7	7.7	9.2	8.5	6.8	6.1	5.7	4.6	3.2	2.3
Nairobi	5.4	6.0	5.9	5.1	4.3	4.0	3.5	3.9	4.7	5.3	4.8	4.9
Bandung	5.2	5.3	5.4	5.1	4.8	4.6	4.9	5.5	5.9	5.7	5.3	5.3

La combinaison de beaucoup d'ensoleillement, de températures élevées, d'une HR basse et peut-être de beaucoup de vent provoque la quantité d'évaporation frappante des mois d'été à New Delhi. Des températures bien plus réduites et une HR assez élevée accompagnent la grande valeur de l'ensoleillement à l'aéroport de Lod donc l'évaporation y est moins extrême.

Tableau 11 : Refroidissement en °C lorsque l'effectivité du système de refroidissement de ventilateur avec matelas d'évaporation est de 80 %

HR/ temp extérieure en °C	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
10°	6.7	5.9	5.1	4.3	3.5	2.8	2.1	1.4	0.6
15°	8.2	7.2	6.2	5.2	4.2	3.3	2.4	1.6	0.8
20°	9.8	8.5	7.3	6.1	5.0	3.8	2.8	1.8	0.9
25°	11.5	9.8	8.5	7.0	5.6	4.4	3.2	2.1	1.0
30°	13.3	11.4	9.5	7.8	6.3	4.9	3.5	2.3	1.1
35°	15.1	12.8	10.6	8.7	7.0	5.4	3.9	2.5	1.2
40°	17.0	14.2	11.8	9.7	7.8	5.9	4.2	2.7	1.3
45°	18.9	15.7	13.0	10.5	8.3	6.3	4.6	2.9	1.4

Il est clair qu'à une température juste au dessus de 40° C il est possible de créer de bonnes conditions de croissance tant que l'humidité relative de l'air est basse, par exemple entre 10 et 20 %. Cependant, le refroidissement n'est pratiquement pas rentable dans des circonstances d'humidité élevée. Le système de refroidissement avec ventilateur et matelas d'évaporation, ne présente donc pas de solution pour les pays tropicaux semi humides et humides.

Bibliographie

C. von Zabeltitz, W.O. Baudain: **Greenhouse and shelter constructions for tropical regions.** FAO Rome, 1999, pp122: FAO Plant production and protection paper.

International symposium on greenhouse management for better yield and quality in mild winter climates. Acta Horticulturae 534; Antalia, Turquie, 3-5 nov 1997. ISBN: 90-6605-901-X

R.A. Aldrich and J.W. Barton**: Greenhouse Engineering.** Northeast Regional Agric. Engng Service: Ithaca, NY 14853-5701, 1992, pp203.

R.P. Rice, L.W. Rice and H.D. Tindall: **Fruit and vegetable production in warm climates.** MacMillan, London, 1990, pp486. ISBN: 0-333-46850-3

C.M. Messian: **The tropical vegetable garden.** CTA Ede/Wageningen, Pays-Bas, 1992, pp514. ISBN: 0-333-57077-4

J. Foye: **Greenhouse Manual for small farmers**, pp52. NGO-Agric. Diversif. Project Ltd 2002; 74 Kennedy Ave, P.O. Box 268, Roseau, Dominique.

A.van Ittersum: **Protected cultivation in the tropics and subtropics.** Rep. 351.97, Intern Agric. Coll. Larenstein, Deventer, 1997, Pays-Bas

K. Vilhammer: **Plastic greenhouses for warm climates.** FAO Agric. Serv. Bull. 48, 1982, 17pp FAO Rome

J.G. Atherton and J. Rudich: **The Tomato Crop**; Chapman & Hall, 1986, pp661. ISBN: 0412-25120-5

Andras Somos: **The Paprika**; Académiai Kaido, Budapest, 1986, pp302.

Vegetable growing in greenhouses in arid areas in the subtropics
Part 1: Soil and water; Party 2: Crops. Min of Agric. and Fishery, Stiboka 1987-88

Adresses utiles

Le PTC+ est un établissement de formation, axé sur tous les maillons des différentes filières de produits d'origine animale ou végétale, sur la technologie (agricole), la technologie (alimentaire) et les zones naturelles.
Les programmes de formation sont orientés sur la pratique et combinent la théorie et les cours pratiques. Le PTC+ offre des programmes à "inscription libre", des programmes "conçus sur demande" ainsi que la consultation. Les formations sont données aux Pays-Bas ou sur place.
Le PTC+ a pour stratégie de nouer des liens de partenariat et d'établir des programmes de coopération avec des instituts nationaux et internationaux à l'étranger.

Siège PTC+
Boite Postale 160, 6710 BD Ede, Pays-Bas
Tel.: +31 318 645700, Fax: +31 318 595869
e-mail : info@ptcplus.com, www.ptcplus.com

RICHEL, Serres de France
Cartier de la gare 13810 EYGALI, Ères, France
Tel : +33 (0) 4 90951468, Fax : +33 (0) 4 90951293
info@richel.fr, www.richel.fr
Serres, tunnels, abris horticoles

Siège FAO
Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie
Téléphone : (+39) 06 57051

Agrotechnology and Food Innovation (auparavant IMAG)
PO Box 17 6700 PD Wageningen,
Tel: +31 317 475029; Fax: +31 317 475347;

info.agrotechnologyandfood@wur.nl,
www.agrotechnologyandfood.wur.nl

Rovero Systems B.V.
Krabbescheer 67, POBox 162, 4940 AD Raamsdonkveer;
Tel.: +31 (0)162 574544; Fax: +31 (0)162 574500;
info@rovero.nl; www.rovero.nl
Tunnels, serres Multi Rovero, serres Rol-Air, Clima Halls, Agrocover

Yamco-Yadpaz
Serres, 65 Yig'al Alloon st. Tel Aviv 67433 Israël
Tel: 972-3-5622557, Fax: 972–3-5622558
yamco@netvision.net.il ; yamko.co.il
Serres, filets, abris à fonctions multiples

Klerk's / Hyplast Nv
St Lenaartseweg 26, B-2320 Hoogstraten Belgique
Tel: +32 (0)331 43740 Fax: +32 (0)331 42372; info@hyplast.be
Différents films plastiques pour le revêtement des serres

Polysak Plastic Industries Ltd.
Kibbutz Nir-Yitzhak, IL85455 M.P. Hanegev Israël
Tel: +972 8 9989720/1, Fax: +972 8 9989710
sales@polysack.com; www.polysack.com
Filets d'ombrage, protection du vent

Royal Brinkman International Bv
PO Box 303, 2690 AH 's Gravenzande, Pays-Bas
Tel: +31 174 446100, Fax: +31 174 446151
export@brinkman.nl ; www.brinkman.nl
Equipments de serre de toute sorte

Nieuwkoop Bv
Zwarteweg 116, PO Box 78, 1430 AB Aalsmeer, Pays-Bas
Tel: +31 297 325836, Fax: +31 297 323167, info@nieuwkoopbv.nl ; www.nieuwkoop.nl

Instruments de mesure pour le contrôle des conditions climatiques, la fertilité du sol et la gestion de l'irrigation

Ludvig Svensson Bv,
Marconiweg 2 3235 LV Hellevoetsluis. Pays-Bas
Tel: +31 181 392666, Fax: +31 181 392662
info@svensson.nl ; www.ludvigsvensson.com
Bâches de gestion du climat, filets anti insectes, recouvrement du sol

Holland Heater De Lier Bv,
Leehove 62 2678 MC De Lier, Pays-Bas
Tel: +31 (0)174 516741, Fax: +31 (0)174 518021;
info@hollandheater.nl
Propulseurs d'air chaud, à gaz ou à fuel, ventilateurs de serre

Revaho Bv Handelsonderneming
Aartsdijkweg 22, PO Box 299 3140 AG Maassluis, Pays-Bas
Tel +31 174 512775 Fax: +31 174510180, info@revaho.nl
www.revaho,nl
Equipement d'irrigation

Eijkelkamp Agrisearch Equipment
PO Box 4, 6987 ZG Giesbeek, Pays-Bas
Tel: +31 313 631941, Fax: +31 313 632167
eijkelkamp@eijkelkamp.com.nl www.diva.nl/eijkelkamp
Laboratoire agricole et instruments d'étude de terrain

Koppert Bv. Biological Systems
Veilingweg 17, PO Box 155, 2650 AD Berkel en Rodenrijs, Pays-Bas,
Tel: +31 10 5148444, Fax: +31 10 5115203
A.Taal@koppert.nl ; www.koppert.nl
Produits organiques pour les traitements phytosanitaires

Internet :
Pour ceux qui ont accès à l'Internet, trois sites Web vous conduiront à une profusion d'informations.

www.cityfarmer.org
Bureau d'agriculture urbaine du Canada

www.ruaf.org
ETC centre pour l'agriculture durable (Centre for Sustainable Agriculture), Pays-Bas

www.echonet.org/tropicalag/aztext
ECHO (Educational Concerns for Hunger Organization), Florida, EUA. Ce site, avec le très joli nom « de l'amarante au Zai » s'amplifie depuis 1996 et rassemble toute une série d'idées pratiques pour ceux qui travaillent dans des communautés qui vivent sous des conditions difficiles dans les pays tropicaux et subtropicaux. Il montre qu'il n'y a pas de réponses faciles, mais qu'il existe de nombreuses possibilités, d'approches et de techniques.

Radio :
Le Réseau des Radios rurales des pays en développement (DCFRN)
Se présente sur www.farmradio.org
E-mail info@farmradio.org
La radio étant le principal moyen de communication, le DCFRN soutient les familles rurales dans environ 100 pays des Caraïbes, de l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud, d'Afrique, d'Asie et du Pacifique, avec des connaissances concernant des méthodes simples qui leur permettent d'augmenter leur approvisionnement alimentaire et leur santé. En Anglais et en Français.

Glossaire

Abri météorologique : abri qui protège contre le soleil et qui permet une circulation libre de l'air.

Agriculture : entretien d'une culture, à partir de la semence jusqu'à la récolte

Agriculture sous abri : faire pousser des cultures en les protégeant des influences climatiques.

Besoin en eau de la culture (Etcrop) : indique le besoin en eau total de la culture qui comprend aussi bien la transpiration des plantes que l'évaporation directe du sol.

CE = conductivité électrique : mesure des sels solubles contenus dans une solution extraite du sol lorsque le sol est saturé d'eau, exprimée en microhms par cm.

Ec-mètre : appareil numérique (existe aussi en format de poche) qui mesure la teneur en sels d'un échantillon d'eau ou d'un extrait d'eau d'un échantillon de sol.

Eo : évaporation potentielle : l'évaporation d'un terrain couvert complètement de végétation et bien alimenté en eau.

Evaporation : indique la quantité totale d'eau qui s'évapore physiquement du sol.

Effet de vide : Courant d'air fort passant sur le revêtement de la serre, entraînant une baisse de pression à l'intérieur de celle-ci.

Fertigation : administration de fertilisants artificiels par le biais d'un système fermé d'irrigation. Il est également possible d'administrer des pesticides et des fongicides de cette manière.

HR= Humidité relative : quantité de vapeur d'eau continue dans l'air à une température déterminée par rapport à la quantité maximale que l'air peut contenir à cette température là.

PH ou réaction du sol : indique la concentration en ions d'hydrogène actuellement dissociés dans une solution du sol.

PH-mètre : appareil numérique (format de poche) qui sert à mesurer l'acidité d'un sol humide. Les valeurs de pH les plus propices se situent entre 6 et 7.

Phopériodicité : beaucoup de plantes réagissent à la durée de jour pour la mise en fleurs. Les plantes dites à jour court commencent la floraison avec une durée de jour de 12 heures (dans les tropiques). Si elles sont plantées dans une zone à climat tempéré, elles n'auront plus qu'une croissance végétative. Les plantes à jour long ne fleurissent que lorsque les jours sont longs (= > 15 – 18 heures).

Point de flétrissement : il s'agit du moment où la force de succion des plantes n'arrive plus à dépasser la tension avec laquelle l'eau est retenue dans le sol. C'est à ce moment là que les plantes commencent à flétrir.

Radiation solaire : radiation provenant des rayons de soleil.

Serre multi-chapelles : serre avec plus que deux chapelles (tunnels).

Transmission IR : Mesure dans laquelle la radiation de la chaleur traverse le film plastique.

Transpiration : Quantité totale d'eau évaporée par voie physiologique ou transpirée par la plante.

Transplantation en pépinière : action d'enlever des plantes individuelles des semoirs pour les mettre dans des pots ou des parterres de pépinière afin d'améliorer la qualité des plantules.